

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Buxbaum  
Diplom-Wirtschaftsingenieur

Ingenieurbüro für technische und  
betriebswirtschaftliche Planungen  
Am Pastorenwäldchen 42  
44229 Dortmund

Grundwasserproblematik im Stadtgebiet Korschenbroich:

Betriebswirtschaftliche Bewertung  
von Investitionsvorschlägen  
zur langfristigen Abwendung von Gebäudeschäden

Gutachten, Dezember 2002

**Auftraggeber:**

Stadt Korschenbroich  
Der Bürgermeister  
Postfach 11 63  
41335 Korschenbroich

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Ausgangssituation.....	3
1.2	Aufgabenstellung.....	4
2	Vorgehensweise.....	5
2.1	Verwendete Unterlagen.....	5
2.2	Verwendetes Verfahren.....	6
2.3	Grenzen des Verfahrens.....	6
2.4	Vorgehen.....	10
3	Zahlungsreihen.....	12
3.1	Vorbemerkung.....	12
3.2	Rein bautechnische Lösung.....	12
3.3	Rein hydraulische Lösung (Variante 4).....	16
3.4	Mischlösung Hydraulik plus Bautechnik (Variante 3).....	19
3.5	Vergleich der alternativen Zahlungsreihen.....	23
4	Berücksichtigung von Preisentwicklungen.....	28
4.1	Prinzip und Effekt der Realbewertung .....	28
4.2	Vergleich der alternativen Zahlungsreihen unter Preissteigerung.....	29
5	Barwertentwicklung und Dynamische Diskontierung.....	31
5.1	Zum Begriff des Barwerts.....	31
5.2	Vergleich der Barwertentwicklung der alternativen Zahlungsreihen.....	34
6	Kostenmäßige Auswirkung einer Anhebung des Betroffenheitsniveaus.....	41
7	Zusammenfassung und Gutachterliche Stellungnahme.....	43
8	Weiteres Vorgehen.....	48

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Die Stadt Korschenbroich hat ein Grundwasserproblem. Es liegen unter Zugrundelegung einer natürlichen Grundwassersituation Flurabstände vor, die in weiten Teilen des Stadtgebietes weniger als 3 Meter, in Einzelfällen weniger als 1 Meter betragen. Bedingt durch Eingriffe in die natürliche Grundwassersituation stellten sich die tatsächlichen Grundwasserstände in den vergangenen Jahrzehnten jedoch weniger kritisch dar. Daraus resultierten Baumaßnahmen ohne besondere Berücksichtigung der Grundwassersituation, auch in den durch die geringen Flurabstände betroffenen Stadtgebieten.

Durch den bereits erfolgten oder geplanten Wegfall dieser Eingriffe sieht die Grundwassersituation heute und voraussichtlich auch in Zukunft kritischer aus, da sich die Grundwasserstände der natürlichen Grundwassersituation mehr und mehr annähern. Bereits jetzt sind Gebäude im Stadtgebiet Korschenbroich von Vernässungen betroffen. Für die Zukunft ist mit einer Zunahme der Betroffenheit zu rechnen.

Die Stadt Korschenbroich und ihre Bürger sind sich des Problems bewusst. Es herrscht in der Lokalpresse, in Bürgerinitiativen, in der Kommunalpolitik und den Verwaltungen eine rege Diskussion über die Problematik und die verschiedenen Problemlösungsszenarien. Es werden zur Zeit verschiedene Aktivitäten durchgeführt, die nach Fristigkeit klassifiziert werden können. Dabei stehen kurzfristige Lösungen jahreszeitlich bedingter akuter Grundwasserprobleme an, neben Planungen zur langfristigen Abwendung von Gebäudeschäden.

Die fachliche Betreuung erfolgt im wesentlichen durch das Geotechnische Büro Prof. Dr. Düllmann, das im Auftrag der Stadt Korschenbroich unter anderem Lösungsvorschläge zur langfristigen Abwendung von Gebäudeschäden erarbeitet. Das Geotechnische Büro Prof. Dr. Düllmann hat dazu in einem aktuellen Gutachten eine Analyse der Betroffenheit durch vorhandene oder zu erwartende Nutzungseinschränkungen bzw. materielle Schäden an Gebäuden und Inventar durchgeführt sowie verschiedene Lösungsvorschläge erarbeitet. Die vorgeschlagenen Lösungskonzepte lassen sich klassifizieren nach

rein bautechnischen Maßnahmen:

Das Lösungskonzept sieht für alle betroffenen Bauwerke Ertüchtigungsmaßnahmen am Bauwerk selbst bzw. Spezialtiefbaumaßnahmen außerhalb des Bauwerks vor. Alle Maßnahmen erfolgen damit dezentral am Ort der Betroffenheit.

hydraulischen Maßnahmen:

Darunter werden Grundwasserabsenkungen, vorzugsweise durch Brunnen, verstanden. Von ursprünglich 4 verschiedenen Varianten sind auf Grund der Genehmigungsfähigkeit nur 2 Varianten in die nähere Untersuchung eingegangen.

Verlagerung der Brunnenstandorte der öffentlichen Wasserversorgung (als Variante 3 bezeichnet), dabei werden ca. 3/4 der betroffenen Gebäude geschützt.

Schutz aller betroffenen Gebäude durch gezielte Grundwasserentnahme mit Wiederver-sickerung (als Variante 4 bezeichnet).

## **1.2 Aufgabenstellung**

Das Geotechnische Büro Prof. Dr. Düllmann weist in seinem aktuellen Gutachten sowohl Zahlen zur Betroffenheit als auch Schätzungen zu den Kosten für die dargestellten Lösungskonzepte auf. Damit sind betriebswirtschaftliche Abwägungen zur Kostensituation der unterschiedlichen Alternativen möglich.

Laut Auftrag der Stadt Korschenbroich vom 09.09.2002 war die Aufgabe der hier beschriebenen Arbeiten die Erstellung eines Gutachtens zum Vergleich der genannten Investitionsalternativen unter Kostenaspekten.

Das Gutachten bezieht sich dabei auf die vom Geotechnischen Büro Prof. Dr. Düllmann vorgeschlagenen Alternativen und die dazu vorliegenden Kostenschätzungen.

## 2 Vorgehensweise

### 2.1 Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung dieses Gutachtens, insbesondere als Datenquelle zur Durchführung der hier dokumentierten Berechnungen standen die folgenden Unterlagen zur Verfügung (nach Aktualität geordnet):

- /LAWA1998/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), Ausgearbeitet vom LAWAArbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, 6. Auflage, Kulturverlag Berlin GmbH, Berlin 1998.
- /BUX1999/ Prof. Dr.-Ing. H.-J. Buxbaum: Finanzmathematik, Skript zur Fachvorlesung mit finanzmathematischer Formelsammlung, Hochschule Niederrhein, Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, Mönchengladbach 1999.
- /GBD2001/ Geotechnisches Büro Prof. Dr. Düllmann: Grundwasserproblematik im Stadtgebiet Korschenbroich – Konzeptvorschläge für langfristige Lösungen zur Abwendung von Gebäudeschäden, Gutachten im Auftrag der Stadt Korschenbroich, Aachen, Mai 2001.
- /GBD2002/ Geotechnisches Büro Prof. Dr. Düllmann: Grundwasserproblematik im Stadtgebiet Korschenbroich – Konzeptentwicklung und gutachterliche Bewertung von langfristigen Lösungen zur Abwendung von Gebäudeschäden, Vorabzug eines Gutachtens im Auftrag der Stadt Korschenbroich, Aachen, Stand September 2002.

Im folgenden Text werden für Hinweise auf diese Unterlagen die angegebenen Kürzel verwendet, eventuell mit Angabe der Seitenzahl.

Insbesondere ist Grundlage der hier beschriebenen Arbeiten der Vorabzug /GBD2002/ des Gutachtens des Geotechnischen Büros Prof. Dr. Düllmann. Alle hier verwendeten Daten und Zahlen sind dort entnommen, auch ohne dass jedesmal explizit auf /GBD2002/ hingewiesen wird. Die verwendeten Verfahren und Formeln sind aus /BUX1999/ entnommen, auch ohne dass jedesmal explizit darauf hingewiesen wird.

## 2.2 Verwendetes Verfahren

Zum Einsatz kommt hier das finanzmathematische Verfahren der dynamischen Kostenvergleichsrechnung, das durch den Arbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser als praxisgerechtes Wirtschaftlichkeitsrechnungsverfahren für wasserwirtschaftliche Investitionsentscheidungen vorgeschlagen wird /LAWA1998/.

Im Gegensatz zu den sogenannten statischen Verfahren wird bei einem dynamischen Verfahren die zeitliche Entwicklung der Kosten sowie der unterschiedliche Wert der zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten durch Diskontierung berücksichtigt /BUX1999/. Aufgrund der Langlebigkeit wasserwirtschaftlicher Infrastrukturmaßnahmen ist die dynamische Kostenvergleichsrechnung ein geeignetes Entscheidungsverfahren bei Investitionsalternativen. Sie muss als Minimum an ökonomischer Information angesehen werden, das für eine rationale Entscheidung über alternative wasserwirtschaftliche Maßnahmen benötigt wird.

In /LAWA1998/, Seite 1-2 heißt es zur methodischen und instrumentellen Abgrenzung der dynamischen Kostenvergleichsrechnung: „Der Kostenvergleich dient dazu, aus einer Anzahl vorgegebener Alternativen zur Erreichung einer bestimmten Leistung die kostengünstigste Lösung zu ermitteln. Im Vollzug des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit instrumentalisiert er damit das Sparsamkeitsprinzip, wonach ein bestimmtes Ergebnis mit dem geringstmöglichen Mitteleinsatz zu erzielen ist. Bei dieser Zielsetzung bietet er in vielen Fällen eine ausreichende Hilfestellung zur Lösung des Auswahlproblems bei Investitionsentscheidungen, und zwar sowohl bei Fragen zur Erst- als auch von Ersatzinvestitionen. Die Rechnung stellt ein einseitig an der Kostenseite orientiertes Bewertungsverfahren dar. Es erfolgt lediglich eine Gegenüberstellung der monetär bewerteten kostenmäßigen Wirkungen der Alternativen, ohne dass die Nutzenseite in den Vergleich eingeht.“

## 2.3 Grenzen des Verfahrens

### Methodische Grenzen des Verfahrens

Die Methoden der Kostenvergleichsrechnung arbeiten ausschließlich mit quantitativen Daten. Die zur Berechnung benötigten quantitativen Daten werden grundsätzlich monetär bewertet. Qualitative Daten bleiben dabei ausgeklammert, da eine monetäre Bewertung nicht gelingt. Die monetären Bewertungen sind planungs- und zukunftsbezogen, mit Unsicherheiten behaftet und basieren auf Schätzungen. Die daraus resultierende Unsicherheit ist Eigenart des Verfahrens.

Die durch /GBD2002/ beschriebenen Alternativen werden hier finanzmathematisch so umgesetzt, dass erforderliche Geldflüsse zu den geplanten Zeitpunkten uneingeschränkt stattfinden können. Budgetrestriktionen finden keine Berücksichtigung. Finanzierungen und daraus resultierende Kapitaldienstzahlungen werden ebenfalls nicht berücksichtigt. Theoretisch ließen sich Finanzierungen im Rahmen einer dynamischen Kostenvergleichsrechnung zwar berücksichtigen; im konkret vorliegenden Fall ist dies aufgrund des frühen Planungsstandes jedoch nicht möglich. Insbesondere ist dazu vorab eine Klärung über die Kostenträgerschaft herbeizuführen.

Im Sinne des Ausgangspunktes dieses Gutachtens wird jede der drei in /GBD2002/ vorgeschlagenen Alternativen unter Kostenaspekten finanzmathematisch betrachtet. Dabei dominiert die Einzelbetrachtung der drei vorgeschlagenen Alternativen, d.h. es findet keinerlei Portfoliobetrachtung statt. Auch aktuell laufende Sicherungsmaßnahmen im Stadtgebiet Korschenbroich werden im Sinne eines Portfolios nicht betrachtet.

Die dynamische Kostenvergleichsrechnung kann unter den genannten Randbedingungen eine Grundlage für langfristige Entscheidungen im Sinne eines Alternativenvergleichs liefern. Für kurzfristige Entscheidungen – insbesondere zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung von Notmaßnahmen im Stadtgebiet Korschenbroich zur Abwendung kurzfristiger Vernässungen im Gesamtkontext der Problematik – ist die dynamische Kostenvergleichsrechnung nicht geeignet.

Die Berücksichtigung der Kapitalwerte unter Zinseszins sowie die Berücksichtigung von Preisentwicklungen ist elementarer Bestandteil der dynamischen Kostenvergleichsrechnung. Damit hebt sich die dynamische Rechnung von der statischen ab, die diese Aspekte nicht berücksichtigt. Im Hinblick auf die voraussichtlich sehr lange Nutzungsdauer der Alternativen ist eine statische Rechnung als Entscheidungsgrundlage nicht geeignet. Aber auch bei der dynamischen Rechnung müssen die Planwerte für den Kalkulationszinsindex und den Kalkulationspreisindex quantifiziert werden. In die Rechnungen finden Schätzwerte Eingang, deren Relevanz für Planungen bei langfristigen Nutzungsdauern in /LAWA1998/ bestätigt wird. Wie alle Schätzungen führen auch diese zu Unsicherheiten im Verfahren, die insbesondere bei knappen Entscheidungen detailliertere Betrachtungen erforderlich machen. Dies kann beispielsweise durch Betrachtung verschiedener Szenarien und anschließenden Empfindlichkeitsanalysen geschehen. Dabei wird durch Variation der Eingabedaten der Einfluss der Schätzfehler auf die Entscheidungsfindung zunächst qualitativ ermittelt. Für verschiedene Daten, wie z.B. den Kalkulationszins können dann gegebenenfalls Grenzwerte ermittelt werden, bei denen die Vorteilhaftigkeit zweier Alternativen wechselt. Auf diese Weise läßt sich ein guter Eindruck von der Abhängigkeit der Entscheidung von Zins- und Preisentwicklungen gewinnen; absolute Entscheidungssicherheit läßt sich jedoch nicht erzielen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Nutzungsdauer selbst. Wasserwirtschaftliche Anlagen sind geprägt von einer langen Nutzungsdauer, ein Wert für die Nutzungsdauer liegt jedoch nur als Schätzgröße vor. Da neben reinen Investitionskosten bei einigen Alternativen jährlich wiederkehrende Betriebskosten auftreten, ist die Aussage der dynamischen Kostenvergleichsrechnung für oder gegen eine Alternative damit auch abhängig von der Schätzung der Nutzungsdauer. Hier treten also wiederum Unsicherheiten im Verfahren auf, die je nach Ausprägung durch Empfindlichkeitsanalysen genauer betrachtet werden müssen.

### Grenzen des Verfahrens im Vergleich zu anderen betriebswirtschaftlichen Verfahren

Die dynamische Kostenvergleichsrechnung ist ein betriebswirtschaftliches Bewertungsverfahren zur Ermittlung der kostengünstigsten Lösung im Vergleich unterschiedlicher Alternativen. Sie wird zu Beginn einer Planung eingesetzt und liefert eine Aussage über die Kosten der Lösungsalternativen für ein geplantes Projekt. Zu keiner Zeit jedoch liefert die dynamische Kostenvergleichsrechnung Aussagen zu Kostenwirksamkeit oder zu den Nutzen der Alternativen, etwa im Sinne eines projektspezifischen Zielsystems. Die dynamische Kostenvergleichsrechnung ist daher nur sinnvoll, wenn tatsächlich von einer Nutzengleichheit der Alternativen ausgegangen werden kann.

Es ist daher ratsam, zu untersuchen, inwieweit diese Nutzengleichheit der Alternativen tatsächlich vorliegt. Dazu können die folgenden aufwendigeren Verfahren herangezogen werden:

#### 1. Erweiterte Kostenvergleichsrechnung:

In /LAWA1998/ wird ein Verfahren der erweiterten Kostenvergleichsrechnung vorgeschlagen. Es wird versucht, das Instrumentarium der dynamischen Kostenvergleichsrechnung auch auf Einnahmen zu erweitern, z.B. durch Verrechnung geplanter Erträge mit laufenden Kosten. Zudem soll der Differenznutzen verschiedener Alternativen bewertet und als Barwert dem Kostenbarwert gegenübergestellt werden. Ein solches Verfahren ist in der finanzmathematischen Fachliteratur jedoch nicht belegt und sollte daher eher kritisch gesehen werden.

#### 2. Kosten-Nutzen-Analyse:

Neben den geplanten Kosten erfasst die Kosten-Nutzen-Analyse den ökonomischen Nutzen der unterschiedlichen Alternativen quantitativ. Dabei werden alle einer Alternative voraussichtlich zuzuordnenden Kosten und alle prognostizierten Nutzen in Geld ausgedrückt. Danach werden diese jeweils addiert und ins Verhältnis zueinander gesetzt. Die Kosten-Nutzen-Analyse führt dann zu abweichenden Ergebnissen von der Kostenvergleichsrechnung, wenn keine Nutzengleichheit zwischen den Alternativen vorliegt. Eine Besonderheit der Kosten-Nutzen-Analyse

liegt darin, dass auch nicht monetär bewertbare Nutzenindikatoren (intangible Wirkungen) durch verbale Beschreibung gesondert dargestellt werden können. Bei der Gesamtbeurteilung ist diejenige Alternative auszuwählen, die das ökonomischste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist; dabei sind auch die intangiblen Wirkungen nachrichtlich einzubeziehen.

### 3. Nutzwertanalyse:

Die Nutzwertanalyse wurde als nicht monetäres Verfahren aus den Ingenieurwissenschaften heraus entwickelt. Sie beurteilt nicht direkt die ökonomische Effizienz, sondern den relativen Nutzwert entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers. Den verschiedenen Nutzenaspekten werden Gewichte zugeordnet, die eine Rangordnung der Nutzen nach Wichtigkeit erlauben. Nutzwerte sind damit subjektive Werte. Die Schwierigkeit liegt darin, ein Zielsystem zu entwickeln, das allen Anforderungen genügt, vollständig und zwischen den Interessengruppen konsensfähig ist. Auch intangible Wirkungen als nicht monetär bewertbare Nutzenindikatoren werden hier quantifizierbar und gehen in die Ergebnisse ein. Kosten werden bei der Nutzwertanalyse nicht berücksichtigt. Die Nutzwertanalyse ist gemäß § 10 Gemeindehaushaltsverordnung allein kein geeignetes Instrumentarium zur Bewertung der hier vorliegenden Alternativen, sie ist jedoch – im Hinblick auf die Vielzahl intangibler Wirkungen und den voraussichtlichen Nutzenunterschied zwischen den Alternativen – als zusätzliche Untersuchung sinnvoll, wenn bereits eine Kostenvergleichsrechnung oder Kosten-Nutzen-Analyse vorliegt.

Als Grenzen des Verfahrens der dynamischen Kostenvergleichsrechnung im Vergleich zu anderen betriebswirtschaftlichen Verfahren sind damit zusammenfassend festzuhalten:

1. Die Nutzenseite geht nicht in das Ergebnis ein. Voraussetzung ist daher Nutzengleichheit der Alternativen<sup>1</sup>.
2. Es wird von einer Äquivalenz monetär nicht bewertbarer Wirkungen ausgegangen. Negative wie positive Konsequenzen z.B. auf Umwelt, Sozialkosten, Arbeitsmarkt dürfen keine Bedeutung haben oder müssen bei allen Alternativen in gleicher Größenordnung auftreten.

## 2.4 Vorgehen

Ziel der hier beschriebenen Arbeiten ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Investitionsalternativen im Hinblick auf die besondere Grundwasserproblematik im Stadtgebiet Kor-

---

<sup>1</sup> Eine Ausnahme ist zulässig, nämlich wenn die kostengünstigste Alternative zudem die größten Nutzenüberschüsse gegenüber den anderen Alternativen aufweist. Aber dies ist, wie die Nutzengleichheit, ohne eine detaillierte Betrachtung der Nutzenseite nur schwer nachzuweisen.

schenbroich. Es soll dargestellt werden, wie die zur Entscheidung anstehenden Alternativen sich wirtschaftlich unterscheiden, insbesondere im Hinblick auf eine dynamische Diskontierung zukünftig zu erwartender Zahlungen. Gegenstand der Untersuchungen sind Investitionen und laufende Betriebskosten.

Finanzierungen und daraus resultierende Kapitaldienstzahlungen werden dabei nicht berücksichtigt. Dies ist im jetzigen Planungsstand nicht möglich, da insbesondere Fragen der Kostenträgerschaft und damit verbundene Finanzierungsentscheidungen zur Zeit noch unklar sind.

Zur Vorgehensweise: Es werden zunächst die Zahlen aus /GBD2002/ in eine Tabellenkalkulation übernommen. Dabei werden die Kalkulationstabellen nach der rein bautechnischen sowie den beiden hydraulischen Maßnahmen getrennt und als statische Zahlungsreihen dargestellt. Es ergeben sich dabei Zahlungsreihen für folgende Alternativen.

– Rein bautechnische Lösung:

Es wird die in /GBD2002/ vorgeschlagene Klassifizierung der betroffenen Gebäude in drei Betroffenheitsklassen übernommen sowie die vorgeschlagene Verteilung der anstehenden Investitionen zur Ertüchtigung der betroffenen Gebäude über drei Jahrzehnte. Dabei werden, analog zu /GBD2002/ zwei verschiedene Szenarien untersucht, die anhängig von einem weiteren Betrieb des Wasserwerks Driesch auf unterschiedlichen Betroffenheiten basieren.

– Rein hydraulische Lösung (Variante 4):

Für die Variante 4 liegen Schätzungen für Investitionen und Betriebskosten vor, die als wahrscheinliche bzw. mögliche Kosten angegeben sind. Die wahrscheinlichen Kosten basieren auf relativ gesicherten Massenansätzen und Einheitspreisen, wogegen die möglichen Kosten Streuungen in den Massenansätzen und eventuelle Zusatzkosten berücksichtigen /GBD2002/. In der finanzmathematischen Darstellung werden die wahrscheinlichen Kosten als untere Kostenlinie und die möglichen Kosten als obere Kostenlinie der Kostenreihen abgebildet. Zusätzlich wird ein arithmetischer Mittelwert als mittlere Kostenlinie angegeben, der die Bandbreite der möglichen Kosten für Vergleichszwecke mittelt.

– Mischlösung Hydraulik plus Bautechnik (Variante 3):

Auch für die Variante 3 liegen für die hydraulischen Maßnahmen Schätzungen für Investitionen und Betriebskosten vor, die ebenfalls als wahrscheinliche bzw. mögliche Kosten angegeben sind. Die Darstellung der Kostenlinien erfolgt analog zur Variante 4 mit oberer und unterer sowie der gemittelten Kostenlinie. Die im Grundwasser verbleibenden Gebäude sollen durch bautechnische Maßnahmen dezentral ertüchtigt werden.

Die statischen Zahlungsreihen für diese Alternativen werden einem ersten Vergleich zugeführt, der als rein statische Methode keine besondere Aussagekraft im Sinne von /LAWA1998/ besitzt, aber immerhin die anstehenden Zahlungsströme analysiert und so bereits heute eine Grobplanung der alternativen Zahlungsströme, z.B. für Finanzierungszwecke ermöglicht.

Die statischen Zahlungsreihen werden anschließend „dynamisiert“, also im Sinne der dynamischen Kostenvergleichsrechnung zunächst mit einer Preissteigerung und abschließend mit dynamischer Diskontierung verrechnet. Dabei werden – wegen der mit der Festlegung auf bestimmte Preissteigerungs- und Diskontierungssätze verbundenen Planungsunsicherheit – verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen Sätzen berechnet. Dies dient in erster Linie zur Analyse der Empfindlichkeit der Ergebnisse auf veränderliche Parameter.

Die bei den Berechnungen erzielten Ergebnisse werden erläutert und bewertet und im Rahmen einer gutachterlichen Stellungnahme abschließend zusammengefasst und zu Handlungsempfehlungen ausgearbeitet.

### **3 Zahlungsreihen**

#### **3.1 Vorbemerkung**

In diesem Abschnitt werden zunächst die Zahlungsreihen der Plankosten über die Zeit für die verschiedenen Lösungsalternativen dargestellt werden. Sämtliche Daten zu den Plankosten sind /GBD2002/ entnommen. Annahmen zu der zeitlichen Verteilung des Anfalls der Kosten – insbesondere der Investitionskosten – sind mit dem Auftraggeber und dem Geotechnischen Büro Prof. Dr. Düllmann abgestimmt.

Bei den Betrachtungen in diesem Abschnitt werden keine finanzmathematischen Aspekte berücksichtigt, es handelt sich lediglich um eine statische Kostenvergleichsrechnung über die Alternativen. Die Ergebnisse dieses Abschnitts sind daher mit Vorsicht zu lesen, denn – wie oben begründet wurde – stellt eine statische Vergleichsrechnung kein geeignetes Instrumentarium für die anstehende Investitionsentscheidung dar. Dennoch ist die Aufstellung der Zahlungsreihen im Kontext der für dieses Gutachten erforderlichen Arbeiten notwendig und soll hier aus Gründen der Nachvollziehbarkeit auch dokumentiert werden.

#### **3.2 Rein bautechnische Lösung**

Die rein bautechnische Lösung sieht vor, dass sämtliche Maßnahmen dezentral durchgeführt werden, also an den betroffenen Gebäuden selbst. Es liegt auf der Hand, dass bei der Ermittlung der Gesamtkosten die Anzahl der betroffenen Gebäude eine dominierende Rolle spielt. Zum Vergleich spielt diese Anzahl bei den hydraulischen Maßnahmen eine untergeordnete Rolle.

##### Zur Betroffenheit

Grundlage der Kostenberechnung für die rein bautechnische Lösung sind die in /GDB2002/ angegebenen Größenordnungen für die Betroffenheit. Dort werden zwei unterschiedliche Betroffenheitsszenarien beschrieben.

Szenario 1: Wegfall des Wasserwerks Driesch im Planungszeitraum, keine lokale Absenkung des Grundwasserspiegels:

Bei Wegfall des Wasserwerks Driesch im Planungszeitraum wären in den betroffenen Stadtteilen

von Kaarst deutlich mehr Gebäude betroffen. Als Grundlage der Kostenrechnung werden dabei folgende Daten verwendet:

Betroffenheitsklasse	Mittlere Ertüchtigungskosten	Anzahl betroffener Gebäude in		Zeilensummen
		Korschenbroich	Kaarst	
1	7.500	1.180	970	2.150
2	65.000	2.220	970	3.190
3	100.000	1.320	0	1.320
Spaltensummen		4.720	1.940	6.660

Danach sind 6.660 Gebäude in Korschenbroich und Kaarst betroffen, die in 3 Betroffenheitsklassen eingeordnet werden können. Die Klassifizierung orientiert sich an zu erwartenden Grundwasserständen bezogen auf OK Kellerfußboden und bedingt entsprechend unterschiedliche Ertüchtigungskosten, die je nach Betroffenheitsklasse als mittlere Ertüchtigungskosten angegeben sind. Bei Berücksichtigung der mittleren Ertüchtigungskosten lassen sich die zu erwartenden Gesamtkosten als Gesamtsumme aller Zahlungen leicht hochrechnen.

Sie betragen in der Betroffenheitsklasse 1 mit  $2.150 * 7.500 \text{ €} = 16,125 \text{ Mio €}$ ,  
 in der Betroffenheitsklasse 2 mit  $3.190 * 65.000 \text{ €} = 207,35 \text{ Mio €}$ ,  
 und in der Betroffenheitsklasse 3 mit  $1.320 * 100.000 \text{ €} = 132 \text{ Mio €}$ ,  
 also insgesamt ca. 355 Mio €.

Szenario 2: Lokale Absenkung des Grundwasserspiegels durch Betrieb des Wasserwerks Driesch über den gesamten Planungszeitraum:

Die Entnahme von Grundwasser durch das Wasserwerk Driesch führt zu einer Reduktion der Betroffenheit. Als Grundlage der Kostenrechnung werden dabei folgende Daten verwendet:

Betroffenheitsklasse	Mittlere Ertüchtigungskosten	Anzahl betroffener Gebäude in		Zeilensummen
		Korschenbroich	Kaarst	
1	7.500	1.180	195	1.375
2	65.000	2.220	195	2.415
3	100.000	1.320	0	1.320
Spaltensummen		4.720	390	5.110

Nach diesem bezüglich der Betroffenheit reduzierten Szenario sind insgesamt 5110 Gebäude in Korschenbroich und Kaarst betroffen, die nach der gleichen Klassifizierungsmethodik wiederum in 3 Betroffenheitsklassen eingeordnet sind. Auch hier lassen sich die zu erwartenden Gesamtkosten leicht hochrechnen.

Sie betragen in der Betroffenheitsklasse 1 mit  $1.375 * 7.500 \text{ €} = 10,313 \text{ Mio €}$ ,  
 in der Betroffenheitsklasse 2 mit  $2.415 * 65.000 \text{ €} = 156,975 \text{ Mio €}$ ,

und in der Betroffenheitsklasse 3 mit  $1.320 * 100.000 \text{ €} = 132 \text{ Mio €}$ ,  
 also insgesamt ca. 300 Mio €.

Die Auswirkungen des Weiterbetriebs des Wasserwerks Driesch auf das Betroffenheitsszenario sind offensichtlich, sie führen zu einer deutlichen Senkung der Gesamtbetroffenheit und damit zu einer Reduktion der für die bautechnische Lösung erforderlichen Investitionen in der Größenordnung von 55 Mio €. Es ändern sich ebenfalls die Anteile der einzelnen Betroffenheitsklassen an der Gesamtbetroffenheit. Als absoluter Wert bleibt lediglich die Betroffenheitsklasse 3 unverändert. Der Betrieb des Wasserwerks Driesch hat also keinen Einfluss auf die am stärksten betroffenen Gebäude.

Die als mittlere Ertüchtigungskosten angegebenen Kosten sowie die berechneten Gesamtkosten sind reine Investitionen, es fallen darüber hinaus keine Betriebskosten an.

Zur zeitlichen Verteilung der Kosten

Es ist zu erwarten, dass die Investitionen für bautechnisch erforderlichen Maßnahme je nach Betroffenheitsklasse und individuellem Empfinden der Betroffenheit seitens des Entscheiders über einen längeren Zeitraum erfolgen. In /GBD2002/ wird – unabhängig vom Betrieb des Wasserwerk Driesch – die folgende Investitionsverteilung über 3 Dekaden vorgeschlagen.

Klasse der Betroffenheit	Zeitabgestufte Verteilung der Investitionen in 3 Dekaden in Prozent					
	Korschenbroich			Kaarst		
	Dekade 1	Dekade 2	Dekade 3	Dekade 1	Dekade 2	Dekade 3
1	50%	30%	20%	100%	0%	0%
2	50%	30%	20%	100%	0%	0%
3	50%	30%	20%	100%	0%	0%

Damit ergibt sich für beide Fälle – mit und ohne Betrieb des Wasserwerks Driesch – eine zeitliche Verteilung der Zahlungen über einen Zeitraum von 30 Jahren. In der nachfolgenden Tabellen ist die Zahlungsreihe für das Szenario 1 (Wegfall des Wasserwerks Driesch) dargestellt.

Den Zahlungsreihen liegt die Annahme zugrunde, dass ab 2004 mit den Investitionen begonnen wird, so dass alle Investitionen bis Ende 2033 abgeschlossen sind.

<b>Zahlungsreihen Szenario 1</b>									
	Jahr	Invest <b>Korschenbroich</b>				Invest <b>Kaarst</b>			
		Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123
Erste Dekade	2004	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000	0	7.032.500
	2005	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2006	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2007	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2008	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2009	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2010	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2011	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2012	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
	2013	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000		7.032.500
Zweite Dekade	2014	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0	0		0
	2015	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2016	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2017	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2018	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2019	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2020	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2021	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2022	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2023	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
Dritte Dekade	2024	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2025	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2026	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2027	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2028	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2029	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2030	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2031	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2032	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2033	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0

Die Zahlungsreihen sind in dieser Tabelle nach Betroffenheitsklassen aufgespalten dargestellt, die Spaltensummen bilden jeweils für Korschenbroich und Kaarst getrennt die jährlich geplanten Investitionskosten ab. Die Gesamtsumme aller Zahlungen ergibt sich aus der Addition aller Zahlungen in den beiden Spaltensummen zu ca. 355 Mio €.

Für das Szenario 2 (weiterer Betrieb des Wasserwerks Driesch) ergibt im Detail sich eine andere zeitliche Verteilung der Zahlungen über gleichen Zeitraum von 30 Jahren. In der nachfolgenden Tabellen ist die Zahlungsreihe für das Szenario 2 dargestellt. Auch hier wird angenommen, dass ab 2004 mit den Investitionen begonnen wird, so dass alle Investitionen bis Ende 2033 abgeschlossen sind. Die sich aus den oben dargestellten Randbedingungen ergebende zeitliche ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Zahlungsreihen Szenario 2									
	Jahr	Invest Korschenbroich				Invest Kaarst			
		Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123
Erste Dekade	2004	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500	0	1.413.750
	2005	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2006	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2007	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2008	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2009	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2010	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2011	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2012	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
Zweite Dekade	2013	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	146.250	1.267.500		1.413.750
	2014	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0	0		0
	2015	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2016	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2017	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2018	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2019	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2020	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2021	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2022	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
Dritte Dekade	2023	265.500	4.329.000	3.960.000	8.554.500	0			0
	2024	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2025	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2026	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2027	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2028	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2029	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2030	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2031	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2032	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0
	2033	177.000	2.886.000	2.640.000	5.703.000	0			0

Die Zahlungsreihen sind – wie oben – nach Betroffenheitsklassen aufgespalten dargestellt, die Spaltensummen bilden jeweils für Korschenbroich und Kaarst getrennt die jährlich geplanten Investitionskosten ab. Die Gesamtsumme aller Zahlungen ergibt sich aus der Addition aller Zahlungen in den beiden Spaltensummen zu ca. 300 Mio €.

### 3.3 Rein hydraulische Lösung (Variante 4)

Bei einer rein hydraulischen Lösung werden sämtliche Maßnahmen zentral durchgeführt. Durch gezieltes Abpumpen und Infiltrieren soll der Grundwasserspiegel bedarfs- und situationsgerecht soweit abgesenkt werden, dass keine Vernässungen an den betroffenen Gebäuden mehr entstehen.

### Zu den Gesamtkosten

Grundlage der Kostenberechnung für die rein hydraulische Lösung sind die in /GBD2002/ durchgeführten Kostenschätzungen für die Investition in den Bau der zentralen hydraulischen Anlagen sowie für die Betriebskosten, die in jedem Betriebsjahr zur Aufrechterhaltung des Betriebs anfallen. Es werden als wahrscheinliche bzw. mögliche Kosten folgende Größenordnungen angegeben<sup>2</sup>:

Baukosten zwischen 38 Mio € und 46 Mio €.

Jährliche Betriebskosten zwischen 3,8 Mio € und 4,6 Mio €.

Abschreibungs- und Substitutionskosten sind bereits in der Kalkulation der jährlichen Betriebskosten berücksichtigt und werden hier nicht extra dargestellt.

### Zur den Investitionskosten

Die Investitionskosten fallen zu Beginn der Betriebszeit an, aber aufgrund der Höhe der notwendigen Investitionen nicht vollständig innerhalb eines einzelnen Jahres. Auf die zeitliche Verteilung der Investitionskosten wird in /GBD2002/ nicht weiter eingegangen. Daher wird hier eine Schätzung der Verteilung über die Jahre 2003 bis 2006 angenommen. Diese Schätzung ist mit dem Auftraggeber und dem Geotechnischen Büro Prof. Dr. Düllmann abgestimmt und bildet die Grundlage der nachfolgenden Berechnungen. Sie bildet den Schwerpunkt der Investition in den Jahren 2004 und 2005 ab und ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Jahr	Anteil
2003	0%
2004	50%
2005	40%
2006	10%

---

<sup>2</sup> Die Investitions- und Betriebskosten sind im Gutachten /GBD2002/ zunächst als wahrscheinliche Kosten angegeben. Gleichzeitig werden dort mögliche Kosten genannt, die höher als die wahrscheinlichen Kosten sind und die sich auf Grunde von Unsicherheiten im Massenansatz und sonstigen hier nicht relevanten Randbedingungen einstellen können.

In dieser betriebswirtschaftlichen Bewertung wird davon ausgegangen, dass mindestens die wahrscheinlichen Kosten anfallen – im Sinne eines Minimums – und höchstens die möglichen Kosten – im Sinne eines Maximums. Der sich im Rahmen der Realisierung einstellende tatsächliche Wert wird aller Erfahrung nach größer als das Minimum der geschätzten Kosten sein und dabei gleichzeitig kleiner als das Maximum. In den folgenden Darstellungen (Tabellen und Diagramme) wird immer das arithmetische Mittel der wahrscheinlichen und möglichen Kosten gezeigt. Damit jedoch keine Information verloren geht, werden in den Darstellungen gleichzeitig die Bereiche unter Angabe von Minimum und Maximum angegeben.

Zur zeitlichen Verteilung der Kosten

Die sich ergebende zeitliche Verteilung der Zahlungen über den Zeitraum bis 2033 ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Begrenzung des Zeitraums bis 2033 ist dabei nicht willkürlich gewählt, sondern erlaubt ein einfaches Vergleichen mit den oben dargestellten Zahlungsreihen für die rein bautechnische Lösung. Bei einem über den Zeitraum bis 2033 hinausgehenden Betrieb bleiben die Betriebskosten – hier wegen der statischen Rechnung ohne Diskontierung und Preissteigerung – konstant jeweils auf den Vorjahreswerten.

Zahlungsreihen								
Jahr	Faktor Preissteigerung	Invest			Betriebskosten ohne Kapitaldienst			
		Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel	
2003	1,000	0	0	0				
2004	1,000	19.000.000	23.000.000	<b>21.000.000</b>	0	0	0	
2005	1,000	15.200.000	18.400.000	<b>16.800.000</b>	3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2006	1,000	3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2007	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2008	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2009	1,000	***** abgeschlossen *****			3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2010	1,000	Investitionssummen:			3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2011	1,000	38.000.000	46.000.000	<b>42.000.000</b>	3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2012	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2013	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2014	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2015	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2016	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2017	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2018	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2019	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2020	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2021	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2022	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2023	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2024	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2025	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2026	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2027	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2028	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2029	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2030	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2031	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2032	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	
2033	1,000				3.800.000	4.600.000	<b>4.200.000</b>	

Die Gesamtsumme aller Zahlungen bis 2033 ist damit leicht zu berechnen und beträgt zwischen 148,2 Mio € und 179,4 Mio € (Mittelwert 163,8 Mio €).

Diese Zahlen können jedoch nicht direkt zum Vergleich mit der bautechnischen Alternative herangezogen werden, da dort in den weiteren Jahren nach 2033 keine Kosten mehr anfallen. Dagegen laufen hier die jährlichen Betriebskosten für die gesamte Restlaufzeit weiter.

In /LAWA1998/ werden als Richtgröße für Kostenvergleichsrechnungen wasserwirtschaftlicher Investitionen Nutzungsdauern zwischen 50 und 80 Jahren genannt. Da in den den vorliegenden Dokumenten keine anderen Nutzungsdauern für die hydraulischen Massnahmen genannt werden, ist für den direkten (statischen) Kostenvergleich eine Hochrechnung bis in die 80er Jahre dieses Jahrhunderts sinnvoll, auch um später die Entwicklung der Gesamtkosten über die Zeit darstellen zu können. Eine Aussage zu anderen Nutzungsdauern (kleiner als 80 Jahre) ist auf diese Weise jederzeit leicht möglich.

Nach 80 Jahren, also Ende 2083 liegt die Gesamtsumme aller Zahlungen zwischen gerundet 340 Mio € und 410 Mio € bei einem Mittelwert von 375 Mio €. Sie liegt damit über den statisch berechneten Gesamtkosten für die bautechnischen Maßnahmen, jedoch ungefähr in der gleichen Größenordnung.

### **3.4 Mischlösung Hydraulik plus Bautechnik (Variante 3)**

Wie bei der rein hydraulischen Lösung sollen zentrale Maßnahmen durchgeführt werden, die allerdings vom Umfang her geringer ausfallen und damit letztlich nicht alle betroffenen Gebäude erfassen. Die im Grundwasser verbleibenden Gebäude (ca. 20 %) sollen durch bautechnische Maßnahmen dezentral ertüchtigt werden.

#### Zu den Gesamtkosten

Grundlage der Kostenberechnung für die Mischlösung Hydraulik plus Bautechnik hydraulische Lösung sind die in /GBD2002/ durchgeführten Kostenschätzungen. Es sind hier zwei Kostenpositionen zu berücksichtigen:

1. Kosten für die Investition in den Bau der zentralen hydraulischen Anlagen sowie für die Betriebskosten, die in jedem Betriebsjahr zur Aufrechterhaltung des Betriebs anfallen.
2. Kosten für die bautechnische Ertüchtigung der im Grundwasser verbleibenden Gebäude.

### Zu den Investitionskosten für die zentralen hydraulischen Maßnahmen

Es werden folgende Größenordnungen für die zentrale Hydraulik angegeben<sup>3</sup>:

Investitionskosten Hydraulik zwischen 21 Mio € und 34 Mio €.

Jährliche Betriebskosten zwischen 1,4 Mio € und 2,15 Mio €.

Abschreibungs- und Substitutionskosten sind in der Kalkulation der jährlichen Betriebskosten berücksichtigt.

Die auf die zentralen hydraulischen Maßnahmen bezogenen Investitionskosten fallen zu Beginn der Betriebszeit an, aber aufgrund der Höhe der notwendigen Investitionen und des Umfangs der durchzuführenden Arbeiten nicht vollständig innerhalb eines einzelnen Jahres. Zur zeitlichen Verteilung der Investitionskosten wird hier eine Schätzung (analog zu Variante 4) über die Jahre 2003 bis 2006 zugrunde gelegt. Diese Schätzung ist mit dem Auftraggeber und dem Geotechnischen Büro Prof. Dr. Düllmann abgestimmt und bildet die Grundlage der nachfolgenden Berechnungen. Sie bildet den Schwerpunkt der Investition in den Jahren 2004 und 2005 ab und ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Jahr	Anteil
2003	0%
2004	50%
2005	40%
2006	10%

### Zu den Investitionskosten für die bautechnischen Ertüchtigungen

Die bautechnischen Ertüchtigungen werden ebenfalls nicht innerhalb eines Jahres erfolgen. Diese Annahme lag bereits bei der Kalkulation der rein bautechnischen Lösung zugrunde. Dort wird von einer Investitionsverteilung über drei Dekaden ausgegangen, wobei der Schwerpunkt der Investitionen in der ersten Dekade liegt.

Hier ist jetzt von anderen Randbedingungen auszugehen. Diejenigen Gebäude, die nach Grundwasserabsenkung immer noch betroffen sein werden, sind bereits jetzt – ohne Grundwasserabsenkung – in einem Maße betroffen, dass Investitionen zur Ertüchtigung kurzfristig notwendig werden. Es ist davon auszugehen, dass Vernässungsschäden an diesen Gebäuden bereits vorliegen oder in

---

<sup>3</sup> Die Angabe von Investitions- und Betriebskosten erfolgt wiederum als wahrscheinliche bzw. mögliche Kosten, die Verarbeitung und Darstellung als Minimum und Maximum mit arithmetischem Mittelwert und Bereichsangabe, vgl. Abschnitt 3.3.

Kürze eintreten. Daher werden alle Maßnahmen zur Ertüchtigung voraussichtlich innerhalb der ersten Dekade erfolgen.

Die zeitabgestufte Verteilung der bautechnischen Investitionen über diese Dekade wird im Rahmen der Berechnungen als linear 10% pro Jahr angenommen, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Jahr	Prozent	Anzahl betroffener Gebäude
2004	10%	1.398
2005	10%	
2006	10%	Durchschnittliche Kosten je Gebäude
2007	10%	75.000
2008	10%	
2009	10%	
2010	10%	
2011	10%	
2012	10%	
2013	10%	

Zur zeitlichen Verteilung der Kosten

Die sich ergebende zeitliche Verteilung der Zahlungen über den Zeitraum bis 2033 ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Begrenzung des Zeitraums bis 2033 ist dabei wiederum zunächst so gewählt, um ein einfaches Vergleichen mit den bisher dargestellten Zahlungsreihen zu ermöglichen.

Da bei den beschriebenen Vorgaben alle Investitionen bis 2033 abgeschlossen sind, bleiben bei einem über den Zeitraum bis 2033 hinausgehenden Betrieb lediglich die Betriebskosten zu berücksichtigen. Diese bleiben – hier wegen der statischen Rechnung ohne Diskontierung und Preissteigerung – konstant jeweils auf den Vorjahreswerten.

Die sich ergebende zeitliche Verteilung der Zahlungen über den Zeitraum bis 2033 (wie oben) ist in den folgenden beiden Tabellen getrennt nach Bautechnik und Hydraulik dargestellt.

### Zahlungsreihe Bautechnik

Jahr	Faktor	Invest
	Preissteigerung	
2003	1,000	0
2004	1,000	10.485.000
2005	1,000	10.485.000
2006	1,000	10.485.000
2007	1,000	10.485.000
2008	1,000	10.485.000
2009	1,000	10.485.000
2010	1,000	10.485.000
2011	1,000	10.485.000
2012	1,000	10.485.000
2013	1,000	10.485.000

### Zahlungsreihen Hydraulik

Jahr	Faktor Preissteigerung	Invest			Betriebskosten ohne Kapitaldienst		
		Min	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
		2003	1,000	0	0	0	
2004	1,000	10.500.000	17.000.000	<b>13.750.000</b>	0	0	0
2005	1,000	8.400.000	13.600.000	<b>11.000.000</b>	1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2006	1,000	2.100.000	3.400.000	<b>2.750.000</b>	1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2007	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2008	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2009	1,000	***** abgeschlossen *****			1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2010	1,000	Investitionssummen:			1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2011	1,000	21.000.000	34.000.000	<b>27.500.000</b>	1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2012	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2013	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2014	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2015	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2016	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2017	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2018	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2019	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2020	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2021	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2022	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2023	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2024	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2025	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2026	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2027	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2028	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2029	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2030	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2031	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2032	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>
2033	1,000				1.400.000	2.150.000	<b>1.775.000</b>

Aus der Zahlungsreihe Bautechnik lassen sich Zahlungen in Höhe von 104,85 Mio € ablesen. Die Zahlungsreihe Hydraulik zeigt bis 2033 Zahlungen in einer Gesamthöhe zwischen 61,6 Mio € und 96,35 Mio € (Mittelwert 78,975 Mio €).

Wie bereits bei der Berechnung der Zahlungsreihen für die rein hydraulische Lösung soll auch hier von einer Nutzungsdauer von 80 Jahren ausgegangen werden; die Ergebnisse werden dabei im folgenden so dargestellt, dass Aussagen zu anderen Nutzungsdauern (kleiner als 80 Jahre) jederzeit leicht möglich sind.

Nach 80 Jahren, also Ende 2083 liegt die Gesamtsumme aller Zahlungen für die zentrale Hydraulik zwischen 132 Mio € und 204 Mio € bei einem Mittelwert von 168 Mio €. In diesen Zahlen sind die Zahlungen in Höhe von 104,85 Mio € aus der Zahlungsreihe Bautechnik noch nicht berücksichtigt. Rechnet man diese hinzu, beträgt die Gesamtsumme aller Zahlungen bis ins Jahr 2083 zwischen gerundet 237 Mio € und 309 Mio € bei einem Mittelwert von 273 Mio €. Sie liegt damit deutlich unter den statisch berechneten Gesamtkosten für die rein hydraulischen Maßnahmen, deren Mittelwerte divergieren bis in das Jahr 2083 in eine Größenordnung von 100 Mio €. Auch im Vergleich mit der rein bautechnischen Lösung liegt die Mischlösung nach Variante 3 bei 80 Jahren Betriebszeit günstiger, jedoch noch ungefähr in der gleichen Größenordnung.

Es sei an dieser Stelle nochmal explizit darauf hingewiesen, dass diese Aussagen keine Bewertung der verschiedenen Alternativen darstellen. Es werden lediglich Zwischenergebnisse benannt und verglichen, die allesamt mit einem statischen Verfahren ermittelt wurden. Weder Verfahren der dynamischen Diskontierung – und damit der Berücksichtigung des zeitlichen Anfalls der Zahlungen – noch dynamische Preisentwicklungen wurden bislang berücksichtigt. Insofern dokumentieren diese Zwischenergebnisse lediglich die zur Realisierung der Alternativen zu leistenden Zahlungen in Zahlungsreihen. Für eine Bewertung der Alternativen sind sie grundsätzlich nicht geeignet.

### **3.5 Vergleich der alternativen Zahlungsreihen**

Bevor die Entwicklung des Wertes der alternativen Zahlungsreihen in einem gemeinsamen Diagramm vergleichend dargestellt wird, sei nochmal explizit darauf hingewiesen, dass diese Aussagen keine Bewertung der verschiedenen Alternativen darstellen können. Es werden lediglich Zwischenergebnisse benannt und verglichen, die allesamt mit einem statischen Verfahren ermittelt wurden. Weder Verfahren der dynamischen Diskontierung – und damit der Berücksichtigung des zeitlichen Anfalls der Zahlungen – noch dynamische Preisentwicklungen wurden bislang berücksichtig-

sichtigt. Insofern dokumentieren diese Zwischenergebnisse lediglich die zur Realisierung der Alternativen zu leistenden Zahlungen in Zahlungsreihen. Für eine abschließende Bewertung der Alternativen sind sie nicht geeignet.

---

### Zur Legende der Diagramme

Sämtliche in diesem Gutachten dargestellten Diagramme zeigen die Entwicklung des Barwertes der Kosten über einen Zeitraum von 80 Jahren, d.h. bis 2083. Die Zeitachse ist dabei auf der Abszisse<sup>4</sup> dargestellt, die Ordinate<sup>5</sup> stellt den Barwert dar, der zu diesem Zeitpunkt gehört. Je mehr Zeit vergeht, umso mehr Kosten fallen an; daher verhält sich die die Barwertentwicklung generell monoton steigend.

Die Diagramme visualisieren die Entwicklung des Barwertes jeder Alternative. Daher ist es leicht möglich, die Barwerte für Vergleichszwecke auch für andere – kürzere – Nutzungsdauern als 80 Jahre abzulesen.

Als Barwert wird dabei derjenige Wert verstanden, der eine zukünftigen Zahlung heute repräsentiert. Alle Zahlungen werden aufsummiert und der Barwert entspricht der Summe. Darin liegt auch der Grund, weshalb die Barwertkurve nicht fällt: Bei einer reinen Kostenbetrachtung wird ein Nutzen nicht bewertet. Die Gesamtkosten können über die Zeit nur steigen, im ökonomisch günstigsten Fall bleiben sie konstant auf einem erreichten Niveau („Einmal ausgegebenes Geld ist weg“).

Bei der Betrachtung der Zahlungsreihen, so wie sie an dieser Stelle vorliegen, ist der Barwert nicht anderes als alle bis dahin angefallenen Kosten einer Alternative. Später, bei der dynamischen Vergleichsrechnung erhält der Barwert eine besondere Bedeutung durch die Berücksichtigung von Zins- und Zinseszinsseffekten. Eine frühe Zahlung hat dann einen höheren Barwert als eine späte Zahlung. Der Zahlungszeitpunkt ist entscheidend.

Da die Diagramme regelmäßig die Barwertentwicklung sämtlicher Alternativen darstellen, sind sie ein geeignetes Medium für Vergleiche. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Schnittstellen der Barwertkurven. Diese besagen, dass bei der durch den Schnittpunkt repräsentierten Nutzungsdauer die Barwerte der Alternativen gleich sind. Ökonomisch sind die Alternativen bei genau dieser Nutzungsdauer gleichwertig. Das bedeutet aber auch, dass bei anderen Laufzeiten immer eine Alternative einen vorteilhaften Barwert liefert, also in Summe kostengünstiger ist. Die Vorteilhaftigkeit wechselt im Schnittpunkt. Daher sind diese Punkte von besonderer Bedeutung.

---

4 Abszisse: Die horizontale Achse eines Koordinatensystems (math. x-Achse)

5 Ordinate: Die vertikale Achse eines Koordinatensystems (math. y-Achse)

Die im folgenden verwendeten Diagramme basieren auf der gleichen Legende. Die Zuordnung der farbigen Verläufe im Diagramm zu den Lösungsalternativen ist dabei wie folgt:

**Die beiden blauen Linien** beschreiben die Barwertentwicklung der rein bautechnischen Lösungsalternativen. Diese sind geprägt durch einen raschen Anstieg in den ersten drei Dekaden, dort finden die Investitionen statt. Danach fallen bei diesen Lösungsalternativen keine weiteren Kosten mehr an, die Barwertkurve verharrt dann auf dem erreichten Wert.

Die obere, gestrichelt dargestellte blaue Linie beschreibt Szenario 1 [ohne Einfluss durch Wasserwerk Driesch], die untere, durchgezogene blaue Linie beschreibt Szenario 2 [mit Einfluss durch Wasserwerk Driesch]. Der Einfluss durch das Wasserwerk Driesch führt generell zu niedrigeren Betroffenheiten und damit zu einem niedrigeren Barwertverlauf.

**Die grüne Linie** beschreibt die Barwertentwicklung der Mischlösung Hydraulik plus Bautechnik (Variante 3). Da die Investitions- und Betriebskosten in /GDB2002/ als wahrscheinliche bzw. mögliche Kosten angegeben sind, wird der in den Zahlungsreihen bereits eingeführte Mittelwert als durchgezogene Linie dargestellt. Die Verläufe der Barwerte für die wahrscheinlichen bzw. möglichen Kosten gehen ebenfalls in das Diagramm ein, und zwar als feine gestrichelte Linien oberhalb und unterhalb der grünen Mittelwertlinie. Die obere gestrichelte Linie repräsentiert dabei die möglichen, die untere die wahrscheinlichen Kosten.

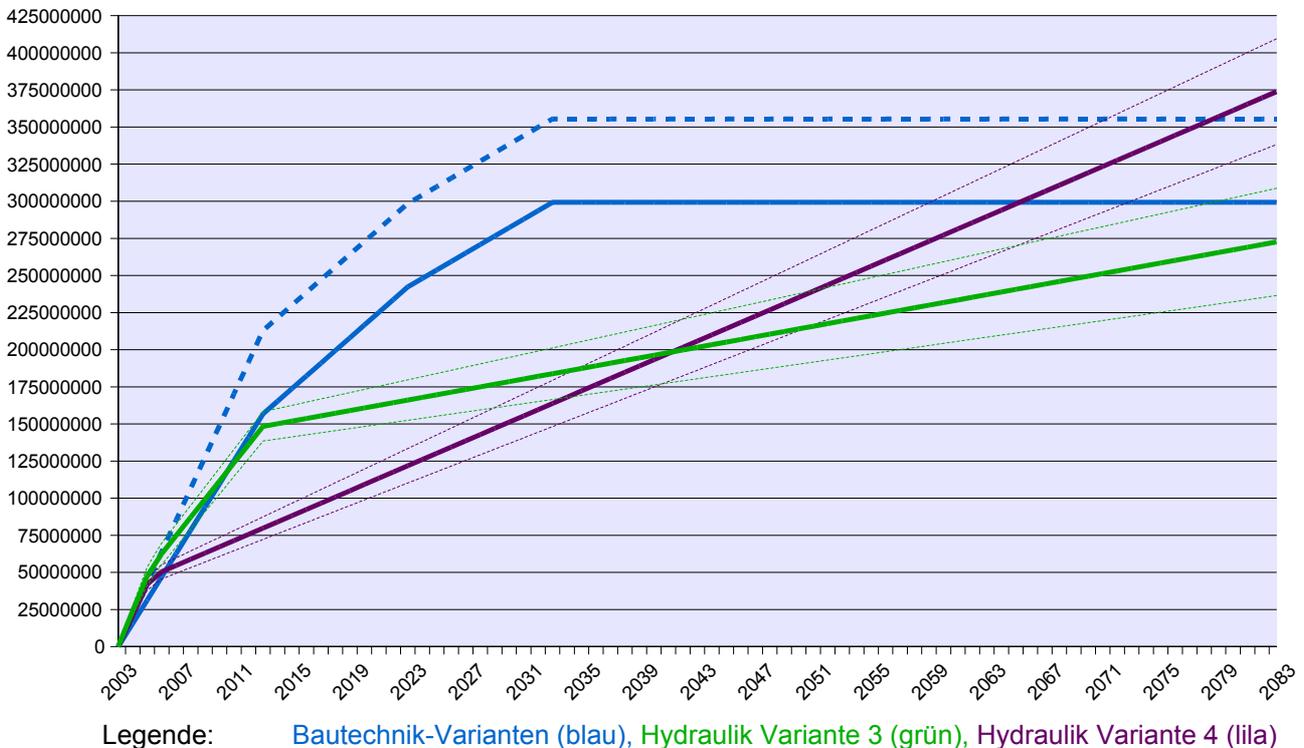
Die Barwertentwicklung dieser Alternative ist geprägt durch einen schnellen Anstieg in der ersten Dekade – hier fallen die für den Barwertverlauf wesentlichen Investitionskosten an. Danach stellt sich ein langsamer Anstieg ein, der durch die laufenden jährlichen Betriebskosten bedingt ist.

**Die lilafarbene Linie** beschreibt die Barwertentwicklung der rein hydraulischen Lösung (Variante 4). Auch hier sind die Investitions- und Betriebskosten in /GDB2002/ als wahrscheinliche bzw. mögliche Kosten angegeben, die Darstellung als feine gestrichelte Linien ober – und unterhalb der Mittelwertlinie wird hier analog verwendet.

Die Investitionskosten sind hier relativ niedrig, daher liegt anfänglich nur ein schwacher Anstieg vor, verglichen mit den anderen Alternativen. Der spätere kontinuierliche Anstieg durch die laufenden jährlichen Betriebskosten fällt hier aufgrund des höheren Kostenansatzes deutlicher aus.

---

Trägt man also die Summenwerte der bisher vorgestellten Zahlungsreihen über die Zeit bis in das Jahr 2083 auf, so ergibt sich folgendes Diagramm.



Die anfänglich hohen Investitionen führen bei beiden blauen Linien (bautechnische Lösungen) zu einem schnellen Anstieg. Die blauen Kurven erreichen nach 30 Jahren ihre endgültige Größenordnung, ein Niveau, das von den anderen Kurven nicht, bzw. erst deutlich später erreicht werden.

Ein interessanter Indikator für die Kapitalbindung ist die Fläche zwischen Barwertlinie und Abszisse. Zwischen dieser Fläche und der Kapitalbindung besteht ein proportionaler Zusammenhang. Bei Finanzierung der Investitionskosten bedeutet eine hohe Kapitalbindung gleichzeitig hohe Finanzierungskosten. Hier schneiden die beiden bautechnischen Lösungen deutlich schlechter ab als die hydraulischen, wie man ohne große Berechnungen bereits durch Ansehen leicht erkennen kann. Wird Finanzierung zum Thema im Rahmen des Projekts, so wird dies zu einem zusätzlichen Handikap für die bautechnischen Alternativen. In diesem Falle ist es sehr wahrscheinlich, dass die reine bautechnischen Lösungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht optimal sein werden.

Ansonsten spiegelt das Diagramm natürlich die bereits beschriebenen Erkenntnisse dieses Abschnittes mit den entsprechenden Werten nach 80 Jahren Nutzungsdauer. Betrachtet man nur die absoluten Kosten, so sind diese in 2083 bei der hydraulischen Variante 4 am höchsten. Die beiden bautechnischen Szenarien weisen niedrigere absolute Kosten auf. Die geringsten absoluten Kosten sind bei der hydraulisch-bautechnischen Mischvariante zu tragen.

Von Interesse ist der Schnittpunkt der grünen und lilafarbenen Linie zu Beginn der 40er Jahre. Das bedeutet, dass bei Nutzungsdauern von knapp 40 Jahren und darunter die hydraulische Variante 4 zu bevorzugen wäre, bei längeren Nutzungsdauern hat die Variante 3 Vorteile. Bei dynamischer Diskontierung werden sich allerdings die anfänglich hohen Zahlungen aufgrund der bautechnischen Investitionen bei Variante 3 deutlicher auswirken, als die erst relativ spät mächtig werdenden Betriebskosten der Variante 4. Eventuell einzurechnende Preissteigerungen werden diesem Effekt allerdings entgegenwirken, da frühe Investitionen davon weniger betroffen sind als späte Betriebskostenzahlungen. Welche der beiden Varianten 3 oder 4 letztendlich die betriebswirtschaftlich günstigere Alternative ist, muss Gegenstand der weiteren Untersuchungen bleiben.

## 4 Berücksichtigung von Preisentwicklungen

### 4.1 Prinzip und Effekt der Realbewertung

Bei der Erstellung von Kostenschätzungen werden in der Regel Kostenangaben bereits abgewickelter, vergleichbarer Projekte verwendet. Dabei muss das Prinzip der Realbewertung berücksichtigt werden, es interessiert nicht das Geld (in Geldeinheiten), sondern die hinter dem Geld stehende Kaufkraft.

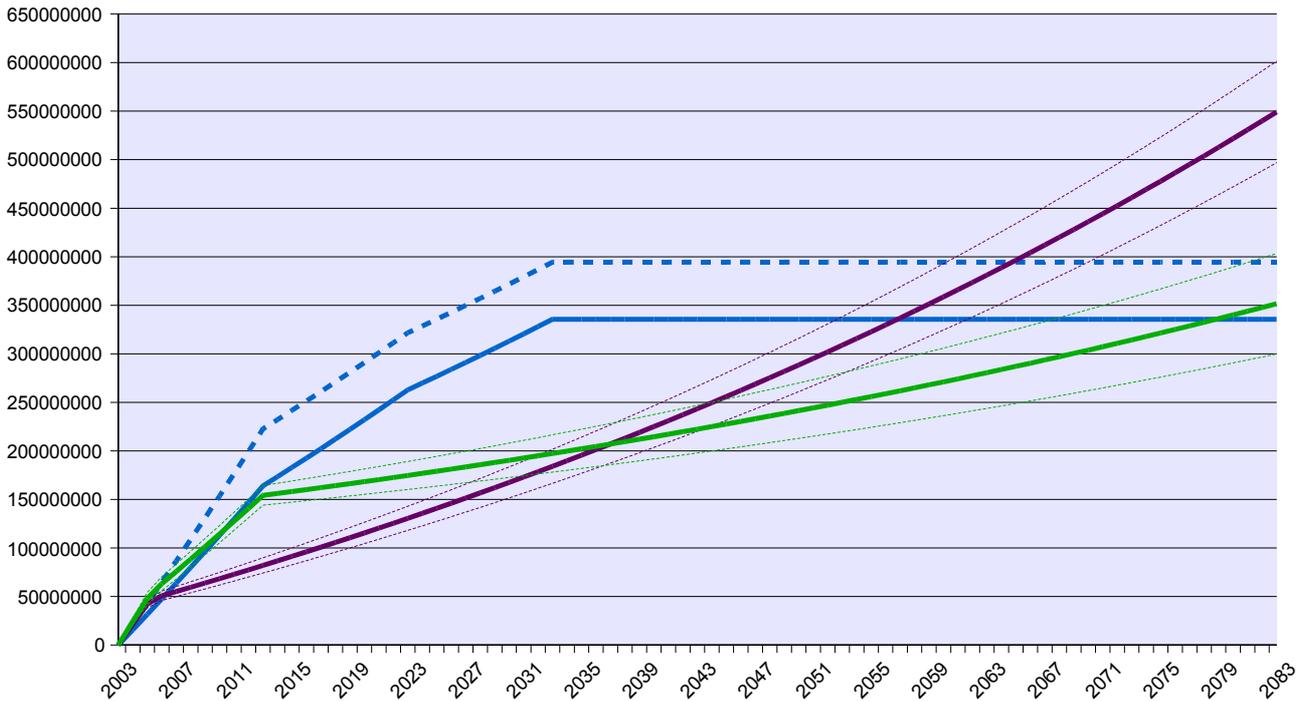
Die bisher dargestellten Zahlungsreihen berücksichtigen keinerlei Preisentwicklungen. Entsprechend /LAWA1998/ liegen realistische Prognosewerte für reale Preissteigerungsraten bei den laufenden Kosten wasserwirtschaftlicher Anlagen im Bereich zwischen 0 und 2 % p.a.. Es wird empfohlen, als ersten Ansatz eine Preissteigerungsrate von 1 % p.a. zu verwenden. Diese kann bei Bedarf zur Empfindlichkeitsanalyse später in Szenarien noch in dem genannten Bereich variiert werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch den Effekt einer Preissteigerungsrate von 1 % p.a. auf die Zahlungsreihe für die bautechnische Lösung entsprechend Szenario 1 [ohne Einfluss durch Wasserwerk Driesch]. Die Gesamtsumme aller Zahlungen beträgt hier ca. 395 Mio €, das sind etwa 40 Mio € mehr als ohne Berücksichtigung von Preissteigerungen.

Zahlungsreihen Szenario 1 mit Preissteigerung										
Jahr	Faktor Preissteigerung	Invest <b>Korschenbroich</b>				Invest <b>Kaarst</b>				
		Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	
Erste Dekade	2004	1,000	442.500	7.215.000	6.600.000	14.257.500	727.500	6.305.000	0	7.032.500
	2005	1,010	446.925	7.287.150	6.666.000	14.400.075	734.775	6.368.050		7.102.825
	2006	1,020	451.394	7.360.022	6.732.660	14.544.076	742.123	6.431.731		7.173.853
	2007	1,030	455.908	7.433.622	6.799.987	14.689.517	749.544	6.496.048		7.245.592
	2008	1,041	460.467	7.507.958	6.867.986	14.836.412	757.039	6.561.008		7.318.048
	2009	1,051	465.072	7.583.038	6.936.666	14.984.776	764.610	6.626.618		7.391.228
	2010	1,062	469.723	7.658.868	7.006.033	15.134.624	772.256	6.692.885		7.465.140
	2011	1,072	474.420	7.735.457	7.076.093	15.285.970	779.978	6.759.813		7.539.792
	2012	1,083	479.164	7.812.811	7.146.854	15.438.829	787.778	6.827.412		7.615.190
	2013	1,094	483.956	7.890.939	7.218.323	15.593.218	795.656	6.895.686		7.691.342
Zweite Dekade	2014	1,105	293.277	4.781.909	4.374.304	9.449.490	0	0		0
	2015	1,116	296.210	4.829.728	4.418.047	9.543.985	0			0
	2016	1,127	299.172	4.878.026	4.462.227	9.639.425	0			0
	2017	1,138	302.164	4.926.806	4.506.849	9.735.819	0			0
	2018	1,149	305.185	4.976.074	4.551.918	9.833.177	0			0
	2019	1,161	308.237	5.025.835	4.597.437	9.931.509	0			0
	2020	1,173	311.320	5.076.093	4.643.411	10.030.824	0			0
	2021	1,184	314.433	5.126.854	4.689.846	10.131.132	0			0
	2022	1,196	317.577	5.178.122	4.736.744	10.232.444	0			0
	2023	1,208	320.753	5.229.904	4.784.111	10.334.768	0			0
Dritte Dekade	2024	1,220	215.974	3.521.468	3.221.302	6.958.744	0			0
	2025	1,232	218.133	3.556.683	3.253.515	7.028.331	0			0
	2026	1,245	220.315	3.592.250	3.286.050	7.098.615	0			0
	2027	1,257	222.518	3.628.172	3.318.910	7.169.601	0			0
	2028	1,270	224.743	3.664.454	3.352.099	7.241.297	0			0
	2029	1,282	226.990	3.701.099	3.385.620	7.313.710	0			0
	2030	1,295	229.260	3.738.110	3.419.477	7.386.847	0			0
	2031	1,308	231.553	3.775.491	3.453.671	7.460.715	0			0
	2032	1,321	233.869	3.813.246	3.488.208	7.535.322	0			0
	2033	1,335	236.207	3.851.378	3.523.090	7.610.676	0			0

#### 4.2 Vergleich der alternativen Zahlungsreihen unter Preissteigerung

Um den Effekt der Realbewertung zu verdeutlichen sind im nachfolgenden Diagramm die kumulierten Summenwerte der Zahlungsreihen über die Zeit bis in das Jahr 2083 aufgetragen, diesmal unter Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate von 1 % p.a..



Legende: Bautechnik-Varianten (blau), Hydraulik Variante 3 (grün), Hydraulik Variante 4 (lila)

Die Unterschiede werden im Vergleich mit dem vorherigen Diagramm (Zahlungsreihen ohne Preissteigerung, Abschnitt 3.5) deutlich. Es werden bei allen Alternativen – aufgrund der Preissteigerung – höhere Gesamtzahlungen erreicht. Die Verschiebung der Kurven untereinander ist geprägt durch die höhere Gewichtung späterer Zahlungen, die aufgrund der einkalkulierten Preisentwicklung höher ausfallen.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist dieses Szenario für eine Investitionsentscheidung nicht geeignet, da Zins und Zinszinseffekte (dynamische Diskontierung) der hier dargestellten Gewichtung späterer Zahlungen entgegenwirken, aber hier – noch – nicht Berücksichtigung finden. Daher ist das vorliegende Diagramm lediglich ein akademisches Beispiel für die Auswirkungen einer Preissteigerung, die aber als singulärer Effekt nicht auftritt. Es sind im Diagramm – im Gegensatz zu den hier progressiv verlaufenen Linien – vielmehr degressive Linienverläufe auf Grund von Diskontierungseffekten zu erwarten.

## 5 Barwertentwicklung und Dynamische Diskontierung

### 5.1 Zum Begriff des Barwerts

Das Verfahren der dynamischen Diskontierung bewertet Zahlungen entsprechend des Zahlungszeitpunkts und bezieht diese damit auf den heutigen Wert, den Barwert. Der Barwert entspricht dabei dem heutigen Wert einer zukünftigen Zahlung unter Berücksichtigung von Zins- und Zinseszinsseffekten. Eine frühe Zahlung hat damit einen höheren Barwert als eine späte Zahlung.

Von großer Wichtigkeit ist dabei die Festlegung eines geeigneten Kalkulationszinssatz. Der Zinssatz stellt eine zukunftsbezogene Größe mit einem sehr fernen Planungshorizont dar und muss unabhängig von aktuellen Gegebenheiten am Kapitalmarkt festgelegt werden. Die derzeit günstigen Kapitalmarktzinsen finden eventuell Eingang in die Berechnungen über die Frage der Finanzierung. Der Kalkulationszinssatz muss jedoch unabhängig davon festgelegt werden.

In /LAWA1998/ wird vorgeschlagen, bei Kostenvergleichsrechnungen für wasserwirtschaftliche Investitionen generell einen langfristigen Zinssatz von 3 % p.a. als Standardwert zugrunde zu legen und später in unterschiedliche Szenarien eine Bandbreite von 2 % bis 5 % zu verwenden.

Die folgenden beiden Tabellen verdeutlichen den Effekt der Barwertentwicklung am Beispiel der Zahlungsreihe für die bautechnische Lösung entsprechend Szenario 1 [ohne Einfluss durch Wasserwerk Driesch].

Der Begriff Barwertentwicklung bezeichnet dabei die bereits für die Diagrammen eingeführte Kumulierung aller bis zu einem Zeitpunkt angefallenen Einzelbarwerte zu einem Gesamtbarwert. In den Tabellen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit dabei nur die ersten 30 Jahre dargestellt. Die Begrenzung auf 30 Jahre entspricht der bisherigen Sichtweise der Tabellen für die Zahlungsreihen, die ebenfalls nach 30 Jahren abgebrochen wurden, da anschließend keine grundsätzliche Veränderung mehr eintrat. In den diesem Gutachten zugrunde liegenden Berechnungen wurden die Barwertentwicklungen grundsätzlich bis in das Jahr 2099 ermittelt. Die darauf basierenden Diagramme zeigen dann die Barwertentwicklung bis in das Jahr 2083, gemäß dem durch /LAWA1998/ vorgeschlagenen maximal sinnvollen Betrachtungszeitraum für eine Nutzungsdauer von 80 Jahren.

Es folgt zunächst die Tabelle ohne Berücksichtigung einer dynamischen Diskontierung und ohne Preissteigerung. Als Zinssatz ist hier 0 % eingestellt, die Abzinsungsfaktoren in Spalte 2 sind daher immer genau 1. Die Gesamtsumme aller Zahlungen beträgt wie bekannt ca. 355 Mio €. Durch die Ausblendung der dynamischen Diskontierung (Zinssatz 0 %) ist die Aussage hier die gleiche wie

bei der Tabelle zur Zahlungsreihe für Szenario 1 in Abschnitt 3.2. Statt jährlicher Einzelzahlungen auszuweisen werden diese hier kumuliert und jährlich jeweils der erreichte Gesamtbarwert als Summe aller bis dahin angefallenen Barwerte ausgewiesen. Dennoch ist die Angabe dieser Tabelle für die Nachvollziehbarkeit der später folgenden Ausführungen von Bedeutung, führt sie doch die bisherige Betrachtung einzelner Zahlungen über die Zeit in eine Betrachtung einer kumulierten Wertentwicklung über – bei zunächst gleichbleibender Aussage.

Entwicklung Barwert Szenario 1										
Jahr	Faktor Diskont 2004	Invest Korschenbroich			Invest Kaarst				Summe 123	Gesamtsumme
		Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3			
2004	1,000	442.500	7.215.000	6.600.000	<b>14.257.500</b>	727.500	6.305.000	0	<b>7.032.500</b>	<b>21.290.000</b>
2005	1,000	885.000	14.430.000	13.200.000	<b>28.515.000</b>	1.455.000	12.610.000	0	<b>14.065.000</b>	<b>42.580.000</b>
2006	1,000	1.327.500	21.645.000	19.800.000	<b>42.772.500</b>	2.182.500	18.915.000	0	<b>21.097.500</b>	<b>63.870.000</b>
2007	1,000	1.770.000	28.860.000	26.400.000	<b>57.030.000</b>	2.910.000	25.220.000	0	<b>28.130.000</b>	<b>85.160.000</b>
2008	1,000	2.212.500	36.075.000	33.000.000	<b>71.287.500</b>	3.637.500	31.525.000	0	<b>35.162.500</b>	<b>106.450.000</b>
2009	1,000	2.655.000	43.290.000	39.600.000	<b>85.545.000</b>	4.365.000	37.830.000	0	<b>42.195.000</b>	<b>127.740.000</b>
2010	1,000	3.097.500	50.505.000	46.200.000	<b>99.802.500</b>	5.092.500	44.135.000	0	<b>49.227.500</b>	<b>149.030.000</b>
2011	1,000	3.540.000	57.720.000	52.800.000	<b>114.060.000</b>	5.820.000	50.440.000	0	<b>56.260.000</b>	<b>170.320.000</b>
2012	1,000	3.982.500	64.935.000	59.400.000	<b>128.317.500</b>	6.547.500	56.745.000	0	<b>63.292.500</b>	<b>191.610.000</b>
2013	1,000	4.425.000	72.150.000	66.000.000	<b>142.575.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>212.900.000</b>
2014	1,000	4.690.500	76.479.000	69.960.000	<b>151.129.500</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>221.454.500</b>
2015	1,000	4.956.000	80.808.000	73.920.000	<b>159.684.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>230.009.000</b>
2016	1,000	5.221.500	85.137.000	77.880.000	<b>168.238.500</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>238.563.500</b>
2017	1,000	5.487.000	89.466.000	81.840.000	<b>176.793.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>247.118.000</b>
2018	1,000	5.752.500	93.795.000	85.800.000	<b>185.347.500</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>255.672.500</b>
2019	1,000	6.018.000	98.124.000	89.760.000	<b>193.902.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>264.227.000</b>
2020	1,000	6.283.500	102.453.000	93.720.000	<b>202.456.500</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>272.781.500</b>
2021	1,000	6.549.000	106.782.000	97.680.000	<b>211.011.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>281.336.000</b>
2022	1,000	6.814.500	111.111.000	101.640.000	<b>219.565.500</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>289.890.500</b>
2023	1,000	7.080.000	115.440.000	105.600.000	<b>228.120.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>298.445.000</b>
2024	1,000	7.257.000	118.326.000	108.240.000	<b>233.823.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>304.148.000</b>
2025	1,000	7.434.000	121.212.000	110.880.000	<b>239.526.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>309.851.000</b>
2026	1,000	7.611.000	124.098.000	113.520.000	<b>245.229.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>315.554.000</b>
2027	1,000	7.788.000	126.984.000	116.160.000	<b>250.932.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>321.257.000</b>
2028	1,000	7.965.000	129.870.000	118.800.000	<b>256.635.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>326.960.000</b>
2029	1,000	8.142.000	132.756.000	121.440.000	<b>262.338.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>332.663.000</b>
2030	1,000	8.319.000	135.642.000	124.080.000	<b>268.041.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>338.366.000</b>
2031	1,000	8.496.000	138.528.000	126.720.000	<b>273.744.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>344.069.000</b>
2032	1,000	8.673.000	141.414.000	129.360.000	<b>279.447.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>349.772.000</b>
2033	1,000	8.850.000	144.300.000	132.000.000	<b>285.150.000</b>	7.275.000	63.050.000	0	<b>70.325.000</b>	<b>355.475.000</b>

Nachdem mit der vorstehenden Tabelle nunmehr das Werkzeug für die dynamische Diskontierung vorliegt, soll hier erstmals eine zinseszinsliche Abzinsung und damit die Einführung „echter“ Barwerte vorgenommen werden. In der nachfolgenden Tabelle zeigt Spalte 2 den Diskontierungsfaktor<sup>6</sup> bei einem Zinssatz von 3,0 % p.a., mit dem eine im Jahr n anfallende Zahlung auf das Jahr 2004

6 Der hier verwendete Diskontierungsfaktor errechnet sich als die n-te Potenz von (1+i). n ist dabei die Laufzeit der Diskontierung seit 2004 in Jahren, i der Zinssatz. Der Diskontierungsfaktor für das Jahr 2005 berechnet sich – bei einem Zinssatz von 3 % p.a. – demnach als die erste Potenz von (1+0,03), also 1,03.  
Zur anschließenden Berechnung des Barwertes wird die im Jahr n anfallende Zahlung mit dem Kehrwert des Diskontierungsfaktors multipliziert.

bezogen wird. Je weiter eine Zahlung in der Zukunft liegt, desto höher ist der Diskontierungsfaktor in Spalte 2 und desto stärker wirkt sich die Abzinsung aus. Die Gesamtsumme aller Zahlungen berechnet sich hier zu ca. 270 Mio €, das sind 85 Mio € weniger als ohne Berücksichtigung dynamischer Diskontierung.

Entwicklung Barwert Szenario 1										
Jahr	Faktor Diskont	Invest Korschenbroich				Invest Kaarst				Gesamtsumme
		Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	
2004	1,000	442.500	7.215.000	6.600.000	<b>14.257.500</b>	727.500	6.305.000	0	<b>7.032.500</b>	<b>21.290.000</b>
2005	1,030	872.112	14.219.854	13.007.767	<b>28.099.733</b>	1.433.811	12.426.359	0	<b>13.860.170</b>	<b>41.959.903</b>
2006	1,061	1.289.210	21.020.684	19.228.900	<b>41.538.794</b>	2.119.549	18.369.426	0	<b>20.488.976</b>	<b>62.027.770</b>
2007	1,093	1.694.161	27.623.431	25.268.835	<b>54.586.426</b>	2.785.315	24.139.395	0	<b>26.924.709</b>	<b>81.511.136</b>
2008	1,126	2.087.316	34.033.865	31.132.849	<b>67.254.030</b>	3.431.689	29.741.305	0	<b>33.172.995</b>	<b>100.427.025</b>
2009	1,159	2.469.020	40.257.587	36.826.067	<b>79.552.675</b>	4.059.237	35.180.054	0	<b>39.239.291</b>	<b>118.791.966</b>
2010	1,194	2.839.607	46.300.036	42.353.464	<b>91.493.107</b>	4.668.507	40.460.392	0	<b>45.128.899</b>	<b>136.622.006</b>
2011	1,230	3.199.400	52.166.492	47.719.868	<b>103.085.759</b>	5.260.031	45.586.934	0	<b>50.846.965</b>	<b>153.932.724</b>
2012	1,267	3.548.714	57.862.079	52.929.968	<b>114.340.761</b>	5.834.326	50.564.159	0	<b>56.398.485</b>	<b>170.739.247</b>
2013	1,305	3.887.853	63.391.776	57.988.319	<b>125.267.948</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>187.056.259</b>
2014	1,344	4.085.410	66.612.958	60.934.931	<b>131.633.299</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>193.421.610</b>
2015	1,384	4.277.213	69.740.320	63.795.719	<b>137.813.252</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>199.601.563</b>
2016	1,426	4.463.429	72.776.594	66.573.183	<b>143.813.206</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>205.601.517</b>
2017	1,469	4.644.222	75.724.432	69.269.751	<b>149.638.405</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>211.426.716</b>
2018	1,513	4.819.749	78.586.411	71.887.777	<b>155.293.937</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>217.082.248</b>
2019	1,558	4.990.163	81.365.031	74.429.550	<b>160.784.745</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>222.573.056</b>
2020	1,605	5.155.614	84.062.721	76.897.292	<b>166.115.626</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>227.903.937</b>
2021	1,653	5.316.246	86.681.837	79.293.157	<b>171.291.240</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>233.079.551</b>
2022	1,702	5.472.199	89.224.668	81.619.239	<b>176.316.107</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>238.104.418</b>
2023	1,754	5.623.610	91.693.437	83.877.572	<b>181.194.619</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>242.982.930</b>
2024	1,806	5.721.611	93.291.345	85.339.276	<b>184.352.231</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>246.140.542</b>
2025	1,860	5.816.757	94.842.712	86.758.406	<b>187.417.875</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>249.206.186</b>
2026	1,916	5.909.132	96.348.894	88.136.202	<b>190.394.228</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>252.182.539</b>
2027	1,974	5.998.816	97.811.206	89.473.869	<b>193.283.891</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>255.072.202</b>
2028	2,033	6.085.888	99.230.927	90.772.574	<b>196.089.389</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>257.877.700</b>
2029	2,094	6.170.425	100.609.297	92.033.452	<b>198.813.174</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>260.601.485</b>
2030	2,157	6.252.499	101.947.520	93.257.606	<b>201.457.625</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>263.245.936</b>
2031	2,221	6.332.182	103.246.765	94.446.105	<b>204.025.053</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>265.813.364</b>
2032	2,288	6.409.545	104.508.169	95.599.988	<b>206.517.702</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>268.306.013</b>
2033	2,357	6.484.654	105.732.832	96.720.262	<b>208.937.749</b>	6.391.894	55.396.417	0	<b>61.788.311</b>	<b>270.726.060</b>

Eine Preisentwicklung wurde bei der Erstellung der vorstehenden Tabelle nicht berücksichtigt. Diese kann jedoch, entsprechend der Darstellung in Abschnitt 4.1 hier leicht eingeführt werden. Dazu sind für die Berechnungen der Barwertentwicklung lediglich auf die in Abschnitt 4.1 gezeigten Tabelle zurückzugreifen, dort wurde eine dynamische Preissteigerung von 1,0 % p.a. in die Zahlungsreihe eingerechnet.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Barwertentwicklung bei gleichbleibendem Zinssatz von 3,0 % p.a. und einer Preissteigerung von 1,0 % p.a.

Entwicklung Barwert Szenario 1										
Jahr	Faktor Diskont	Invest Korschenbroich				Invest Kaarst				Gesamtsumme
		Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	Betr.kl. 1	Betr.kl. 2	Betr.kl. 3	Summe 123	
2004	1,000	442.500	7.215.000	6.600.000	<b>14.257.500</b>	727.500	6.305.000	0	<b>7.032.500</b>	<b>21.290.000</b>
2005	1,030	876.408	14.289.903	13.071.845	<b>28.238.155</b>	1.440.874	12.487.573	0	<b>13.928.447</b>	<b>42.166.602</b>
2006	1,061	1.301.890	21.227.429	19.418.022	<b>41.947.342</b>	2.140.396	18.550.096	0	<b>20.690.491</b>	<b>62.637.833</b>
2007	1,093	1.719.111	28.030.246	25.640.973	<b>55.390.330</b>	2.826.335	24.494.900	0	<b>27.321.234</b>	<b>82.711.564</b>
2008	1,126	2.128.230	34.700.969	31.743.090	<b>68.572.290</b>	3.498.954	30.324.271	0	<b>33.823.225</b>	<b>102.395.515</b>
2009	1,159	2.529.405	41.242.164	37.726.720	<b>81.498.289</b>	4.158.513	36.040.450	0	<b>40.198.963</b>	<b>121.697.252</b>
2010	1,194	2.922.790	47.656.345	43.594.162	<b>94.173.298</b>	4.805.266	41.645.635	0	<b>46.450.901</b>	<b>140.624.199</b>
2011	1,230	3.308.537	53.945.979	49.347.674	<b>106.602.190</b>	5.439.459	47.141.982	0	<b>52.581.442</b>	<b>159.183.632</b>
2012	1,267	3.686.794	60.113.485	54.989.466	<b>118.789.745</b>	6.061.339	52.531.604	0	<b>58.592.943</b>	<b>177.382.687</b>
2013	1,305	4.057.706	66.161.233	60.521.710	<b>130.740.648</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>195.228.363</b>
2014	1,344	4.275.931	69.719.422	63.776.602	<b>137.771.956</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>202.259.671</b>
2015	1,384	4.489.920	73.208.521	66.968.293	<b>144.666.734</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>209.154.449</b>
2016	1,426	4.699.753	76.629.870	70.098.010	<b>151.427.632</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>215.915.348</b>
2017	1,469	4.905.512	79.984.785	73.166.955	<b>158.057.251</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>222.544.967</b>
2018	1,513	5.107.275	83.274.556	76.176.309	<b>164.558.140</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>229.045.855</b>
2019	1,558	5.305.121	86.500.448	79.127.229	<b>170.932.797</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>235.420.513</b>
2020	1,605	5.499.125	89.663.701	82.020.849	<b>177.183.675</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>241.671.391</b>
2021	1,653	5.689.362	92.765.532	84.858.283	<b>183.313.177</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>247.800.892</b>
2022	1,702	5.875.905	95.807.133	87.640.621	<b>189.323.659</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>253.811.375</b>
2023	1,754	6.058.826	98.789.674	90.368.933	<b>195.217.433</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>259.705.148</b>
2024	1,806	6.178.406	100.739.426	92.152.489	<b>199.070.320</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>263.558.036</b>
2025	1,860	6.295.663	102.651.318	93.901.414	<b>202.848.395</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>267.336.110</b>
2026	1,916	6.410.644	104.526.086	95.616.378	<b>206.553.108</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>271.040.824</b>
2027	1,974	6.523.392	106.364.452	97.298.043	<b>210.185.886</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>274.673.602</b>
2028	2,033	6.633.950	108.167.120	98.947.054	<b>213.748.124</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>278.235.840</b>
2029	2,094	6.742.362	109.934.786	100.564.045	<b>217.241.193</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>281.728.908</b>
2030	2,157	6.848.669	111.668.127	102.149.638	<b>220.666.435</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>285.154.150</b>
2031	2,221	6.952.912	113.367.812	103.704.443	<b>224.025.167</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>288.512.882</b>
2032	2,288	7.055.130	115.034.493	105.229.058	<b>227.318.681</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>291.806.397</b>
2033	2,357	7.155.364	116.668.811	106.724.069	<b>230.548.244</b>	6.671.143	57.816.573	0	<b>64.487.716</b>	<b>295.035.959</b>

Die Gesamtsumme aller Zahlungen beträgt hier zu ca. 295 Mio €, also barwertig ca. 25 Mio € mehr als ohne Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate.

### 5.2 Vergleich der Barwertentwicklung der alternativen Zahlungsreihen

In den Tabellen des vorhergehenden Abschnitts wird durch detailliertere Betrachtung des bautechnischen Szenario 1 deutlich, dass das Ergebnis der Barwertmethode stark davon abhängt, welche Rechenschritte durchgeführt werden. Ebenfalls entsteht bereits ein qualitativer Eindruck der Abhängigkeit der Ergebnisse von gewähltem Kalkulationszinssatz und Preissteigerungsrate.

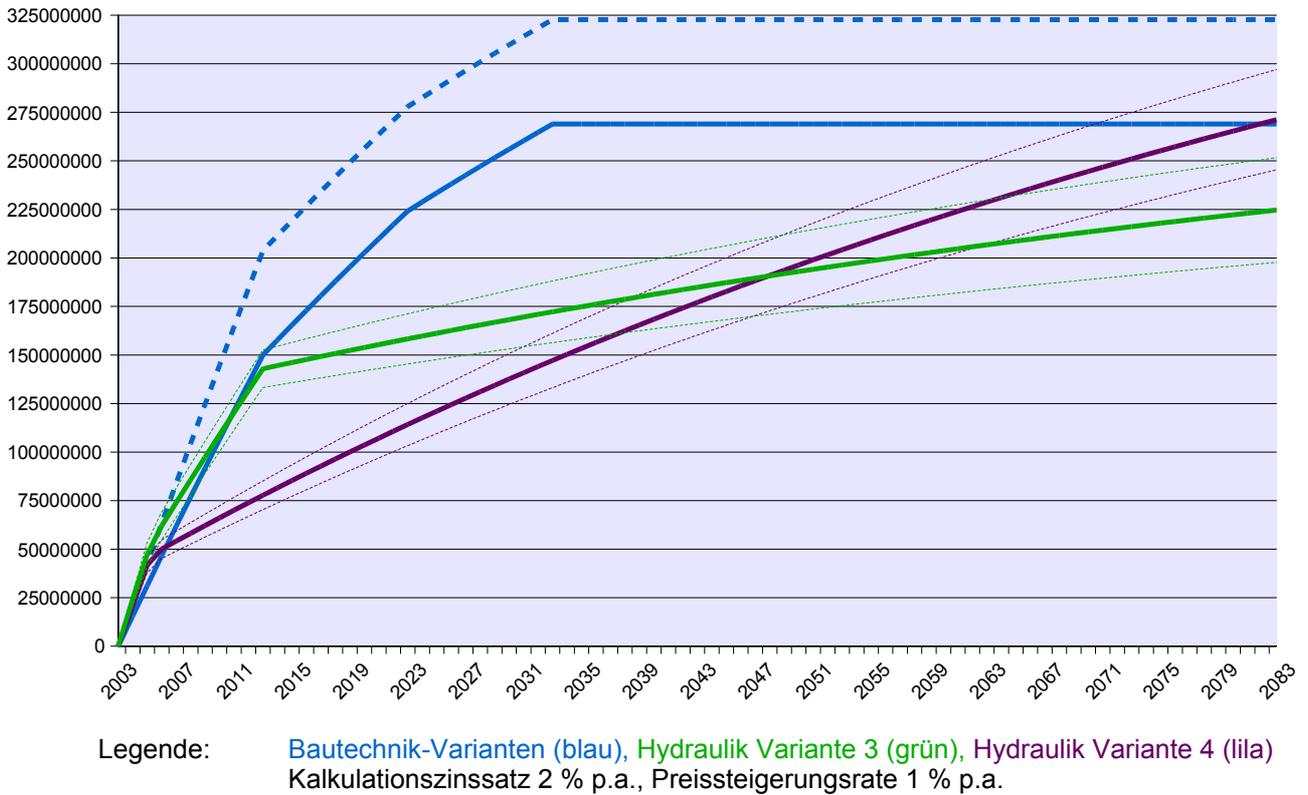
Im folgenden soll die Barwertentwicklung für alle Alternativen unter Variation der Parameter (Kalkulationszinssatz und Preissteigerungsrate) untersucht werden. Dazu ist die tabellarische Darstellung nicht oder nur bedingt geeignet, da direkte Vergleiche nur durch aufwändiges Blättern

zwischen Tabellen möglich wären. Es sollen hier die bereits vorgestellten Diagramme eingesetzt werden, die die Barwertverläufe über die Zeit grafisch darstellen. So wird auf einen Blick erkennbar, welche Alternative in Abhängigkeit der Nutzungsdauer kostenseitig das beste ökonomische Ergebnis erzielt. Auch Schnittpunkte der Barwertlinien, die eventuell eine genauere Untersuchung erforderlich machen, sind auf einen Blick zu erkennen.

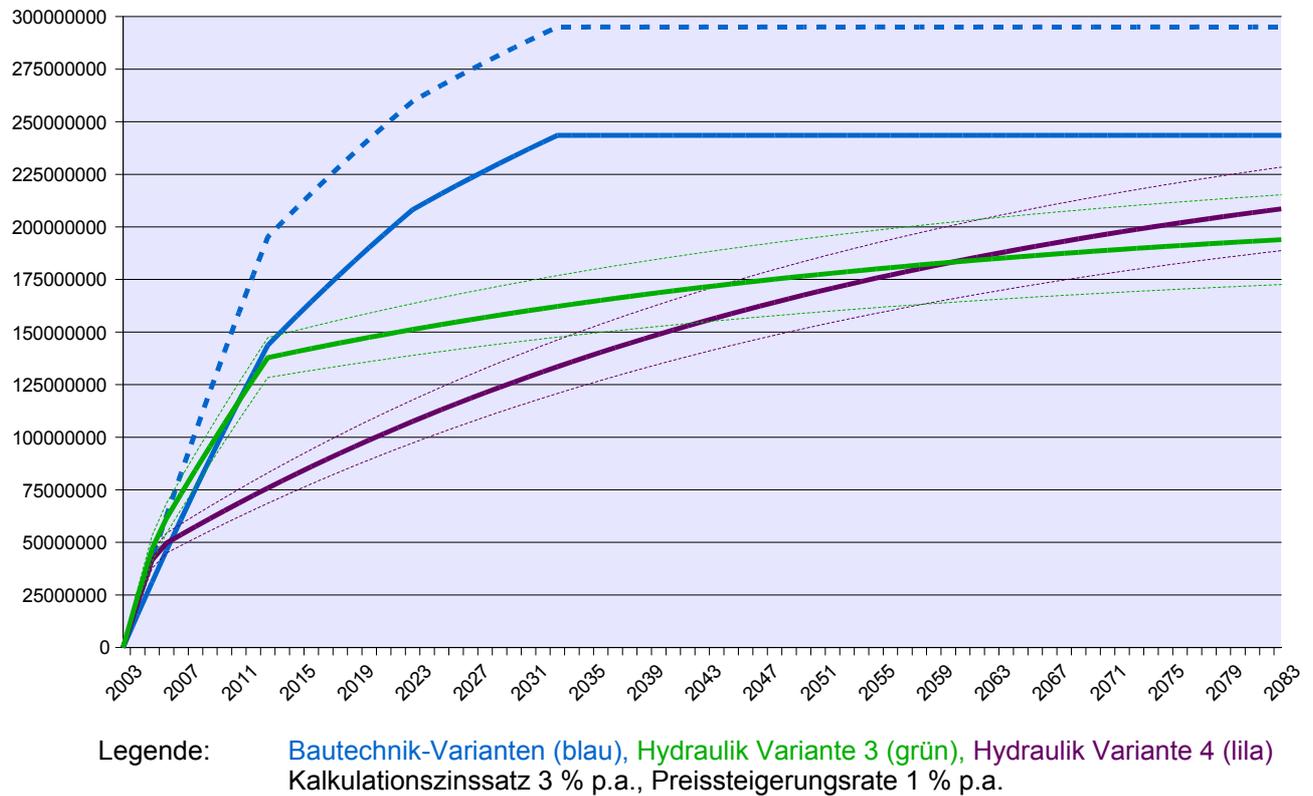
Im folgenden präsentiert jeweils ein Diagramm die Barwertentwicklung bis 2083 für folgende verschiedene Szenarien von Kalkulationszins und Preissteigerungsrate:

1. Kalkulationszinssatz 2 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.
2. Kalkulationszinssatz 3 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.
3. Kalkulationszinssatz 4 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.
4. Kalkulationszinssatz 5 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.

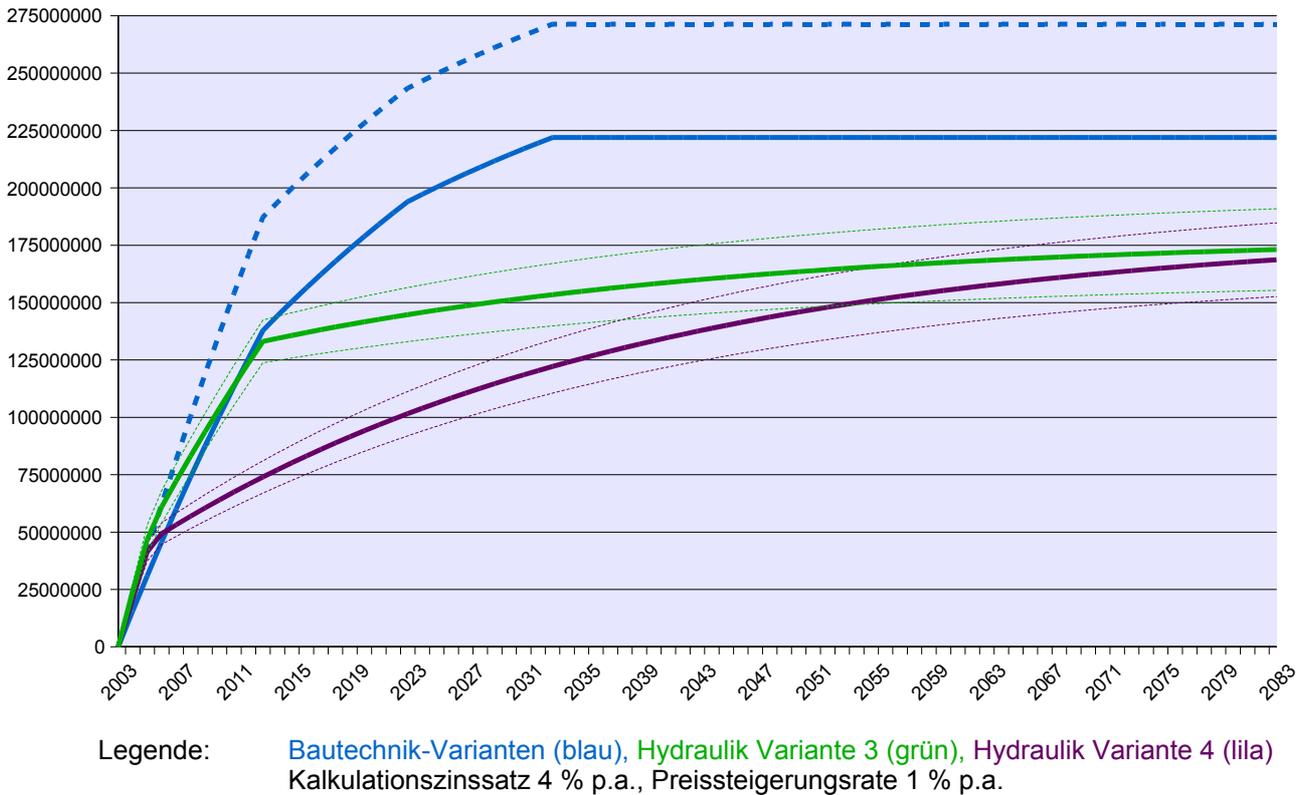
1. Kalkulationszinssatz 2 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.



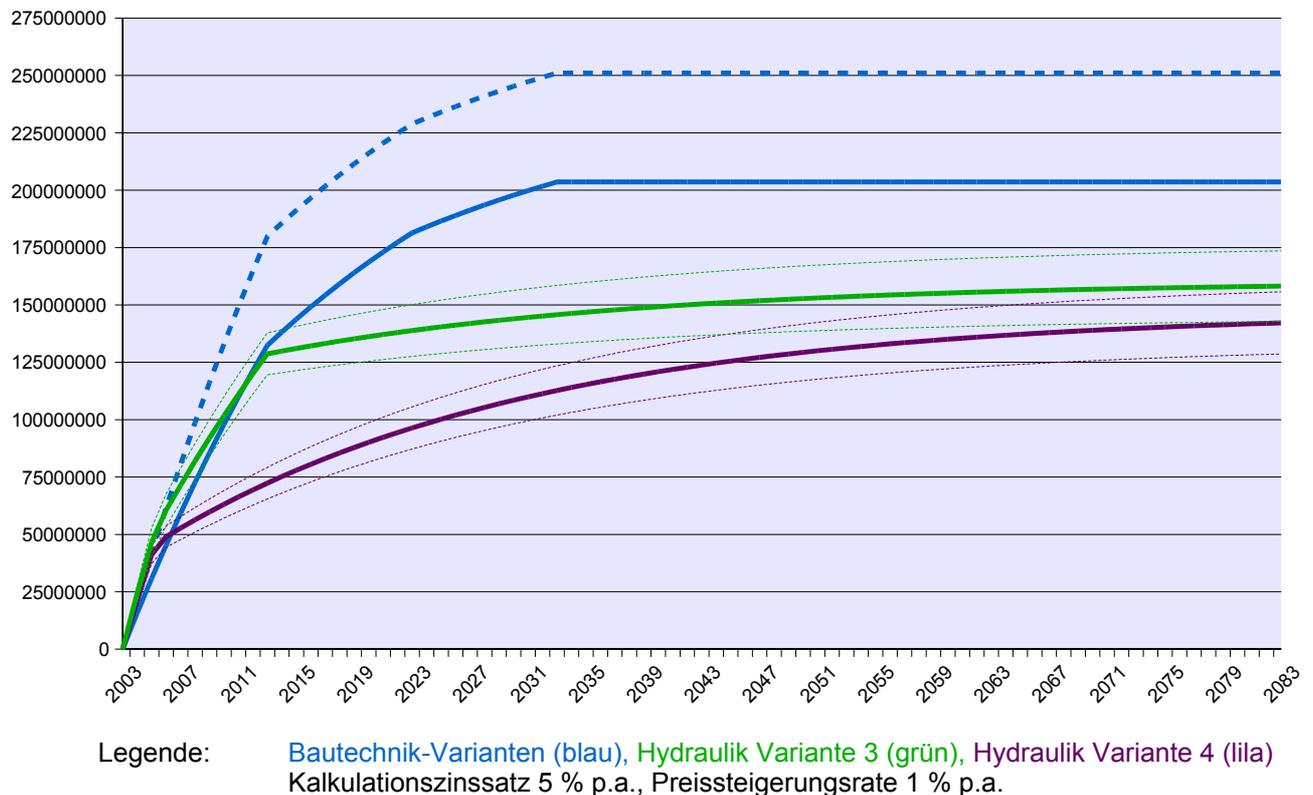
2. Kalkulationszinssatz 3 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.



3. Kalkulationszinssatz 4 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.



4. Kalkulationszinssatz 5 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.



Man erkennt an den verschiedenen Szenarien, dass ein höherer Kalkulationszinssatz generell zu niedrigeren Barwerten führt. Dieses Ergebnis überrascht nicht, denn ein höherer Zins führt zwangsläufig zu stärkeren Diskontierungen der späten Zahlungen, so dass in der Summe der Barwerte geringere Größenordnungen erreicht werden. Der Einfluss des Zinssatzes wird deutlich, wenn man sich die Skalierung der Ordinate vergleichend genauer anschaut. Die Gesamtzahlungen der kostenmäßig ungünstigen Lösungsalternative „Bautechnik Szenario 1“ belaufen sich, wie aus Abschnitt 3.2 bekannt, ca. 355 Mio €, ohne Preissteigerung und Diskontierung. Bei einer generell zugrunde gelegten Preissteigerungsrate von 1,0 % p.a. in den vier dargestellten Szenarien verändert sich der diskontierte Barwert über ca. 325 Mio € bei einem Kalkulationszinssatz von 2,0 % p.a. bis hinunter zu ca. 250 Mio € bei einem Kalkulationszinssatz von 5,0 % p.a..

Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die anderen Lösungsalternativen. Ohne dass an dieser Stelle im Text die Barwerte im einzelnen genannt werden sollen wird der Zusammenhang „hoher Kalkulationszinssatz – niedriger Barwert“ deutlich. Diese Veränderung der Barwertverläufe geschieht jedoch nicht proportional. Vielmehr kann eine Verschiebung der Linien untereinander beobachtet werden. Dies ist der wirklich interessante Teil dieser Betrachtungen.

Die Linien verschieben sich gegeneinander. Dabei ist zu beobachten, dass diese Verschiebung bei steigendem Kalkulationszins für die beiden hydraulischen Varianten (grüne und lilafarbene Linie) stärker ausfällt als für die Szenarien der bautechnischen Lösung (blaue Linien). Eine Einführung der dynamischen Diskontierung bevorzugt also die hydraulischen Varianten, und dabei tritt der Effekt für die lilafarbene Linie (Variante 4) noch deutlicher auf als für die grüne Linie (Variante 3). Nimmt man das Diagramm aus Abschnitt 3.5 (ohne Diskontierung und Preissteigerung) mit in die Betrachtungen auf, so bestätigt sich dieser Effekt im übrigen.

Die Begründung für diesen Effekt ist einfach und wurde bei der Einführung der dynamischen Diskontierung bereits genannt: Unter Berücksichtigung von Zinseszinsseffekten hat eine frühe Zahlung einen höheren Barwert als eine späte Zahlung. Davon profitiert eine Alternative um so mehr, je höher die späten Zahlungen im Vergleich zu den frühen ausfallen.

Es wird in allen vier Diagrammen deutlich, dass die beiden Szenarien für die rein bautechnische Lösung die ungünstigste Kostensituation aufweisen. Lediglich im ersten Diagramm mit den Parametern Kalkulationszinssatz 2 % p.a. und Preissteigerungsrate 1 % p.a. gibt es überhaupt noch einen Schnittpunkt zwischen der unteren blauen Linie (Szenario2, bautechnische Lösung) und der lilafarbenen (Hydraulik Variante 4). Dieser liegt allerdings sehr weit hinten im Betrachtungszeitraum, so dass Barwertgleichheit bei diesen beiden Alternativen etwa nach 80 Jahren Nutzungsdauer auftritt. Hier gibt es zwar eine Streuung der lilafarbenen Linie aufgrund der Unterschiede zwischen

wahrscheinlichen Kosten (minimal) und möglichen Kosten (maximal); jedoch selbst im ungünstigsten Fall der Kosten für die Hydraulik Variante 4, wird die ökonomische Gleichwertigkeit erst im Laufe der 70er Jahre eintreten. Aus allen anderen Diagrammen lässt sich eine eindeutige Aussage herauslesen:

Die beiden bautechnischen Szenarien sind bei barwertiger Betrachtung der Gesamtkosten gegenüber den beiden hydraulischen Varianten nachteilig.

Dies ist insbesondere deswegen hervorzuheben, weil auch das Diagramm mit den nach /LA-WA1998/ zu bevorzugenden Parametern (Kalkulationszinssatz 3 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.) diese Aussage bestätigt.

Als Ergebnis aus dem Vergleich dieser 4 Szenarien kann festgehalten werden, dass die Barwertentwicklung einer rein bautechnischen Lösung – unabhängig von der Laufzeit – gegenüber den hydraulischen Lösungen nachteilig ist. Es kann bereits beim jetzigen Untersuchungsstand prognostiziert werden, dass die bautechnische Lösung aus betriebswirtschaftlicher Sicht kostenmäßig keine optimale Lösung darstellt. Dies ist im wesentlichen durch die hohen Investitionskosten nahe am Laufzeitbeginn zu begründen, die sich gerade bei Diskontierung nachteilig auswirken.

Schwieriger stellt sich der Vergleich zwischen den Varianten 3 und 4 der hydraulischen Lösung (grüne versus lilafarbene Linie) aus betriebswirtschaftlicher Sicht dar. Es ist zunächst festzuhalten, dass es – zumindest im Rahmen der Streuung – in jedem der Diagramme zu einem Schnittpunkt oder Schnittbereich<sup>7</sup> kommt. Dieser Schnittpunkt/Schnittbereich stellt die Rentabilitätsschwelle im Vergleich der Kostenentwicklung dar. Man kann erkennen, dass diese Rentabilitätsschwelle sehr beweglich ist, dabei ist der Einfluss von Unsicherheiten der Streuung maßgeblich und insbesondere der Einfluss verschiedener Zins- und Preisentwicklungsszenarien. Gerade die Rentabilitätsschwelle stellt jedoch ein wichtiges Entscheidungskriterium dar.

Eine klare Aussage zur Vorteilhaftigkeit einer Variante lässt sich insbesondere bei Kalkulationszinssätzen über 2 % p.a. nicht mehr ohne weiteres formulieren, insbesondere dann, wenn wie im vorliegenden Fall keine klare Aussage zur Nutzungsdauer gegeben ist. Es lassen sich nur Tendenzen ablesen:

Eine längere Nutzungsdauer bevorzugt Variante 3 aufgrund der niedrigeren jährlichen Betriebskosten.

---

<sup>7</sup> Bei Streuung, siehe dazu insbesondere den Verlauf dieser beiden Linien in den Diagrammen 3 und 4. Hier tritt kein Schnittpunkt der Mittelwertlinien mehr auf, weil eine Mittelwertlinie ständig unterhalb der anderen bleibt. Dennoch kann bei diesem Ansatz nicht ausgeschlossen werden, dass innerhalb des Streubereiches beider Linien tatsächlich ein Schnittpunkt auftritt.

Eine stärkere dynamische Diskontierung bevorzugt Variante 4 aufgrund des schwächeren Einflusses der späten Zahlungen auf den Gesamtbarwert.

Bei den nach /LAWA1998/ zu bevorzugenden Parametern (Kalkulationszinssatz 3 % p.a., Preissteigerungsrate 1 % p.a.) und einer Nutzungsdauer von ca. 60 Jahren scheinen die Varianten ökonomisch gleichwertig, bei kürzeren Nutzungsdauern ergeben sich Vorteile für Variante 4, bei längeren entsprechend für Variante 3. Diese Vorteile sind allerdings gering und müssen, aufgrund der berücksichtigten Streuung von wahrscheinlichen und möglichen Zahlungen, nicht unbedingt auftreten.

Die Fläche unter der grünen Kurve (Wert mal Zeit) ist allerdings in allen Diagrammen offensichtlich größer als die Fläche unter der lilafarbenen Kurve. Dies ist bei einer Barwertbetrachtung ohne Belang. Bei Finanzierung der Investitionskosten – eine sicherlich nicht unwahrscheinliche Realisierungsvariante – ist zu erwarten, dass hierdurch größere Verschiebungen zu Ungunsten der grünen Kurve (Variante 3) entstehen. Dieser Aspekt kann aber hier nicht näher beleuchtet werden, da noch kein Finanzierungskonzept vorliegt und entsprechende Eingangsdaten für die Berechnungen fehlen.

Die genauere Betrachtung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit zwischen den Varianten 3 und 4 muss daher Gegenstand weiterer Untersuchungen bleiben.

## 6 Kostenmäßige Auswirkung einer Anhebung des Betroffeneniveaus

In /GBD2002/ wird Betroffenheit für solche Gebäude festgestellt, bei denen der Grundwasserspiegel höchstens ein Niveau von 0,5 Meter unter OK Kellerfußboden erreicht. Im Zuge der Berechnungen zur Erstellung dieses Gutachtens wurde mit dem Geotechnischen Büro Prof. Dr. Düllmann und dem Auftraggeber die Frage diskutiert, inwieweit eine Änderung dieses Betroffeneniveaus die Anzahl der betroffenen Gebäude – und damit die Aussage der ökonomischen Bewertung – verändern würde. Es wurde daher – auch zur Absicherung der bisherigen Ergebnisse – eine zusätzliche Vergleichsrechnung mit diesem veränderten Betroffenheitsszenario durchgeführt<sup>8</sup>.

Grundlage der vorgenommenen Vergleichsrechnung ist die folgende Aussage des Geotechnischen Büros Prof. Dr. Düllmann: „Eine Anhebung des Betroffeneniveaus um 0,5 Meter würde die Gesamtzahl der betroffenen Gebäude um ca. 1/3 reduzieren. Aus der Gesamtsystematik ist zu erkennen, dass lediglich die Betroffenheitsklasse 1 wegfällt, die übrigen Betroffenheitsklassen bleiben davon unberührt.“

Die Gesamtsumme aller Zahlungen für die Durchführung bautechnischer Maßnahmen (Szenario 1) reduziert sich bei dieser Variation des Betroffenheitsszenarios um ca. 16 Mio €. Die Kostenreduktion liegt damit in einer Größenordnung von 5 %. Für das Szenario 2 ist eine geringere absolute Kostenreduktion zu erwarten, da deutlich weniger Gebäude der Betroffenheitsklasse 1 zugeordnet sind als bei Szenario 1. Die entsprechenden Berechnungen wurden allerdings nur für das Szenario 1 durchgeführt.

Bei Berücksichtigung einer dynamischen Diskontierung und Vergleich mit den anderen Varianten konnte eine qualitativ andere Aussage – z.B. zugunsten einer bautechnischen Lösung – nicht erzielt werden.

Man könnte jetzt kritisieren, dass hier „Äpfel mit Birnen verglichen werden“. Die beiden hydraulischen Varianten führen doch zu einem Absenkniveau, das jetzt 0,5 Meter unterhalb des Betroffeneniveaus liegt. Damit steht die direkte Vergleichbarkeit der entsprechenden Zahlungsreihen in Frage. Leider liegen für einen direkten Vergleich keine Kalkulationsgrundlagen vor. Es ist jedoch zu erwarten, dass eine Anhebung des Absenkniveaus um 0,5 Meter das Vorhalten einer geringeren

---

<sup>8</sup> Die durchgeführte Vergleichsrechnung zur kostenmäßigen Auswirkung einer Anhebung des Betroffeneniveaus ist im zweiten Zwischenbericht des Gutachters ausführlich dokumentiert. Sowohl die Ergebnisse der Berechnungen in tabellarischer Form als auch ein Diagramm der Barwertverläufe sind u.a. Gegenstand dieses Berichts. Der Zwischenbericht liegt dem Auftraggeber vor. Die Frage einer Anhebung des Betroffeneniveaus wurde in der Diskussion mit dem Auftraggeber und dem Geotechnischen Büro Prof. Dr. Düllmann letztlich verworfen, weil sich in den daraus resultierenden Kosten keine grundsätzlichen Unterschiede zu den in diesem Gutachten dargestellten Ergebnissen zeigten.

Pumpleistung erfordert und damit auch zu geringeren Kosten führen wird. Daher sind die tatsächlichen Barwertverläufe der hydraulischen Varianten niedriger als die hier dargestellten zu erwarten. In diesem Falle ergäbe sich keine veränderte Entscheidungssituation.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Anhebung des Betroffenheitsniveaus die Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Bewertung der vorliegenden Investitionsvorschläge nicht maßgeblich beeinflussen kann – und dies unabhängig davon, ob nun das Absenkniveau ebenfalls angehoben wird oder nicht.

## 7 Zusammenfassung und Gutachterliche Stellungnahme

In Hinblick auf die Grundwasserproblematik im Stadtgebiet Korschenbroich war die Aufgabe der hier beschriebenen Arbeiten die Durchführung von Berechnungen zum Vergleich von Investitionsalternativen zur langfristigen Abwendung von Gebäudeschäden sowie die Erstellung eines entsprechenden Gutachtens. Wichtigste Arbeitsunterlage war dabei das aktuelle Gutachten des Geotechnischen Büros Prof. Dr. Düllmann /GBD2002/, in dem sowohl Zahlen zur Betroffenheit als auch Schätzungen zu den Kosten für die dargestellten Lösungskonzepte vorliegen. Damit waren betriebswirtschaftliche Berechnungen unter Kostenaspekten und Vergleiche zur Kostensituation der unterschiedlichen Alternativen möglich. Als Investitionsalternativen wurden im einzelnen betrachtet:

- Eine rein bautechnische Lösung, die auf der Idee der Ertüchtigung der betroffenen Bauwerke basiert und in zwei Szenarien (abhängig von einem weiteren Betrieb des Wasserwerks Driesch) dargestellt wurde.
- Eine rein hydraulische Lösung, die einen Schutz aller betroffenen Bauwerke durch gezielte Grundwasserentnahme mittels Brunnen mit anschließender Wiederversickerung vorsieht. Diese Variante wurde hier durchgängig als Variante 4 bezeichnet.
- Eine hydraulische Lösung, die durch Verlagerung der Brunnenstandorte der öffentlichen Wasserversorgung etwa 75 % der betroffenen Bauwerke schützt. Die im Grundwasser verbleibenden Gebäude sollen durch bautechnische Maßnahmen ertüchtigt werden. Diese Variante wurde hier durchgängig als Variante 3 bezeichnet<sup>9</sup>.

Die Betrachtung der Alternativen führte dabei zusammengefasst zu dem folgenden Ergebnis:

Die beiden hydraulischen Lösungsalternativen schneiden gegenüber den zwei Szenarien der bautechnischen Lösungen im ökonomischen Kostenvergleich günstiger ab.

Dieses Ergebnis ergibt sich durch Anwendung der dynamischen Kostenvergleichsrechnung, wie sie durch den Arbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft der Länderar-

---

<sup>9</sup> Die hier etwas verwirrend erscheinende Bezeichnung „Variante 3“ und „Variante 4“ ist projekthistorisch begründet und basiert auf einer Nummerierung aller ursprünglich betrachteten hydraulischen Varianten im Gutachten /GDB2001/. Auf Grund wasserrechtlicher Gesichtspunkte, insbesondere Genehmigungsfähigkeit, sind nur die genannten Varianten in die weiteren Untersuchungen einbezogen worden.

beitsgemeinschaft Wasser in /LAWA1998/ vorgeschlagen wird. Dabei wurden die Parameter der dynamischen Kostenvergleichsrechnung ebenfalls nach der Empfehlung nach /LAWA1998/ eingestellt. Diese Parameter sind Kalkulationszinssatz und Preisentwicklungsindex<sup>10</sup>.

Die Herleitung des Ergebnisses ist im Rahmen dieses Gutachtens ausführlich dargestellt. Es wurden zur Absicherung des Ergebnisses verschiedene Szenarien bei Variation von Kalkulationszinssatz und Preisentwicklungsindex durchkalkuliert. Es konnte gezeigt werden, dass eine Empfindlichkeit der qualitativen Aussage des Ergebnisses auf Variation des Parameters Kalkulationszinssatz zwischen 2,0 und 5,0 % p.a. nicht beobachtet werden kann<sup>11</sup>.

Darüber hinaus ist das Ergebnis von der geplanten Nutzungsdauer der Investitionen abhängig. Da zu diesem Aspekt hier noch keine Untersuchungen vorliegen, wurde eine maximale Nutzungsdauer von 80 Jahren zugrunde gelegt<sup>12</sup>. Die Tabellen und Diagramme in diesem Dokument sind dabei so aufbereitet, dass quantitative Daten bei Verkürzung der Nutzungsdauer ohne weiteres abzulesen sind. Bei Verkürzung der Nutzungsdauer steigt die Vorteilhaftigkeit der hydraulischen Lösungsalternativen, bei Verlängerung der Nutzungsdauer wird der Vorteil durch laufende Betriebskosten geringer; dies allerdings in einem Maße, dass eine Veränderung der Aussage des Ergebnisses auch bei maßgeblicher Verlängerung der Nutzungsdauer nicht in Betracht kommt<sup>13</sup>. Es kann daher festgestellt werden: Eine Empfindlichkeit der qualitativen Aussage des Ergebnisses auf Variation der Nutzungsdauer kann nicht beobachtet werden. Dies gilt in besonderem Maße für Verkürzungen der Nutzungsdauer vom Ausgangswert 80 Jahre.

Schwieriger gestaltet sich die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der beiden hydraulischen Maßnahmen untereinander:

Einerseits schwimmt die Aussage der Berechnungen durch die Einführung einer Bandbreite von Kosten – wahrscheinliche Kosten als minimale und mögliche Kosten als maximale Kosten jeder Variante. Dies führt dazu, dass in den Diagrammen zwar eine Mittelwertlinie dargestellt

---

10 Der Arbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser schlägt in /LAWA1998/ die Verwendung eines Kalkulationszinssatzes von 3 % p.a. und einer Preissteigerungsrate von 1,0 % p.a. vor. Diese Werte haben sich im Hinblick insbesondere auf die Langfristigkeit wasserwirtschaftlicher Investitionen als praxisingerecht erwiesen.

11 Diese Analyse wurde exemplarisch bezogen auf den Kalkulationszinssatz durchgeführt. Eine Variation des Parameters Preisentwicklungsindex zeigt den gleichen Einfluss auf das Ergebnis, ändert daher nicht die qualitative Aussage des Ergebnisses.

12 In /LAWA1998/ wird die Verwendung von Nutzungsdauern zwischen 50 und 80 Jahren in den Berechnungen empfohlen.

13 Erst die Verwendung einer Nutzungsdauer von deutlich mehr als 100 Jahren würde zu einer Umkehrung der Aussage des Ergebnisses führen. Eine solche Nutzungsdauer erscheint für eine wasserwirtschaftliche Investition jedoch weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll.

werden kann; eine Streuung ist jedoch im Bereich zwischen Minimumlinie und Maximumlinie möglich. Ein eindeutiger Schnittpunkt kann nicht angegeben werden, vielmehr kreuzen sich die Kurven in einem unscharfen Schnittbereich, der in den Kosten mehrere 10 Mio €, und in dem fraglichen Nutzungszeitraum mehrere Jahrzehnte umfasst.

Andererseits ist die Empfindlichkeit einer Aussage gegenüber Variationen von Kalkulationszinssatz und Preisentwicklungsindex sehr groß. Ebenfalls wird eine höhere Abhängigkeit von der Nutzungsdauer erkennbar. Relativ sicher kann eigentlich nur die Aussage formuliert werden, dass bei einer Nutzungsdauer von weniger als 50 Jahren unabhängig von Kalkulationszinssatz und Preisentwicklungsindex die Kosten der Variante 4 gegenüber denen der Variante 3 ökonomisch vorteilhaft sind. Beträgt die Nutzungsdauer dagegen mehr als 80 Jahre, so kehrt sich diese Aussage zugunsten Variante 3 um, es sei denn, es wird ein relativ hoher Kalkulationszinssatz oder ein relativ niedriger Preisentwicklungsindex gewählt. Im eigentlich interessanten Bereich der Nutzungsdauer zwischen 50 und 80 Jahre kann keine generelle Aussage formuliert werden.

Bei Finanzierung der Investitionskosten – eine sicherlich nicht unwahrscheinliche Realisierungsvariante – ist jedoch zu erwarten, dass größere Verschiebungen zu Ungunsten der Variante 3 entstehen. Die Variante 4 würde, bedingt durch die relativ niedrigen Investitionskosten, davon in stärkerem Maße profitieren. Da jedoch Fragen zur Kostenträgerschaft und zur Finanzierung derzeit noch nicht geklärt sind, kann dieser Aspekt hier nicht näher beleuchtet werden.

Die genauere Betrachtung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit zwischen den Varianten 3 und 4 muss daher Gegenstand weiterer Untersuchungen bleiben.

Das Ergebnis der Untersuchungen liegt damit vor: Hydraulik ist günstiger als Bautechnik, welche der beiden hydraulischen Varianten die ökonomisch sinnvollere ist, konnte generalisierend nicht beantwortet werden. Bei Fixierung der Nutzungsdauer der hydraulischen Anlagen (nächster technischer Planungsschritt?) und bei Fixierung der Kalkulationsgrundlagen Zins und Preisentwicklung (bei Vorhandensein eines Finanzierungskonzepts leichter möglich) konnten jedoch Tendenzen genannt werden.

Das Ergebnis muss dennoch differenziert betrachtet werden. Dazu soll zunächst auf die Grenzen des Verfahrens der dynamischen Kostenvergleichsrechnung Bezug genommen werden<sup>14</sup>. Die methodischen Grenzen des Verfahrens führen prinzipiell zu Unsicherheiten im Ergebnis. Diese lassen

---

14 vgl. auch Abschnitt 2.3, Methodische Grenzen des Verfahrens

sich ggf. durch Betrachtung unterschiedlicher Szenarien und anschließenden Empfindlichkeitsanalysen eingrenzen.

Gelungen ist dies bei der Bewertung der Kosten bautechnischer versus hydraulischer Maßnahmen. Es konnte trotz dieser methodischen Grenzen eine klare Aussage bezüglich der Kosten gemacht werden. Dies war aber nur möglich, weil die monetären Unterschiede hier relativ deutlich ausgefallen sind. Dennoch ist diese Aussage qualitativ, die Angabe konkreter monetärer Unterschiede ist aufgrund der Unsicherheiten nicht sinnvoll.

Nicht gelungen ist dies bei der Bewertung der beiden hydraulischen Alternativen. Eine klare Aussage für oder gegen eine Alternative ist bei den gegebenen Randbedingungen nicht möglich, dazu sind die Unterschiede in den resultierenden Barwertverläufen nicht deutlich genug, bzw. zu sensitiv auf Schwankungen der Berechnungsparameter. Es konnten somit nur Tendenzen aufgezeigt werden.

Es müssen aber auch die Grenzen des Verfahrens im Vergleich zu anderen betriebswirtschaftlichen Verfahren Eingang in die Beurteilung der Ergebnisse finden<sup>15</sup>. Es werden durch eine dynamische Kostenvergleichsrechnung keine Aussagen zu Kostenwirksamkeit oder zu den Nutzen der Alternativen berücksichtigt. Dies führt zu folgenden wichtigen Voraussetzungen für die Kostenvergleichsrechnung:

Nutzengleichheit der Alternativen.

Die dynamische Kostenvergleichsrechnung darf nur unter der Voraussetzung einer Gleichheit des durch die Investition erzielten Nutzens zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Um diesbezüglich zu einer Aussage zu kommen, muss jede monetär bewertbare Wirkung jeder einzelnen Alternative betrachtet und in Geldeinheiten barwertig quantifiziert werden. Dazu gehören Aspekte wie z.B. ein höherer Verkehrswert einer ertüchtigten Immobilie, höhere Bodenrichtwerte durch Grundwasserfreiheit, Einfluss hydraulischer Maßnahmen auf die öffentliche Wasserversorgung etc. Solche Wirkungen sind in einem frühen Planungsstadium nur schwierig monetär bewertbar, dazu werden in vergleichbaren Projekten regelmäßig Schätzungen herangezogen. Die betrachteten Lösungsalternativen sind konzeptuell so unterschiedlich, dass jeweils völlig andere Aspekte zur Beurteilung des Nutzens herangezogen werden müssen. Es wäre daher reiner Zufall, wenn sich in einer monetären Bewertung dieser Aspekte in der Summe Nutzengleichheit ergibt.

---

15 vgl. auch Abschnitt 2.3, Grenzen des Verfahrens im Vergleich zu anderen betriebswirtschaftlichen Verfahren

Die Voraussetzung der Nutzengleichheit der Alternativen ist daher mit großer Wahrscheinlichkeit nicht erfüllt<sup>16</sup>.

Äquivalenz monetär nicht bewertbarer Wirkungen.

In diesen Zusammenhang gehören ökologische Fragen wie Naturschutz, Landwirtschaft, Gewässer sowie die Bewertung ökologischer Zielkonflikte. Ebenfalls von Bedeutung sind soziologische Aspekte und auch Fragen der Stadtentwicklung, des Images der Stadt und der Raumplanung. Gemeinsam ist diesen Fragen, dass sie nicht monetär bewertbar sind und daher nicht direkt in eine Kostenvergleichsrechnung oder Kosten-Nutzen-Analyse einfließen können. Solange eine Äquivalenz aller dieser Wirkungen für alle Lösungsalternativen gegeben ist, ist dies im Kostenvergleich ohne Belang. Aufgrund der technisch und ökologisch völlig unterschiedlichen Wirkungsweise der Lösungsalternativen darf davon jedoch nicht ohne weiteres ausgegangen werden. Wird z.B. bei dezentralen bautechnischen Maßnahmen kaum in das ökologische Gleichgewicht eingegriffen, so stellt ein Absenken des Grundwasserpegels sicherlich einen bedeutsamen Eingriff in die Ökologie dar.

Die Voraussetzung der Äquivalenz monetär nicht bewertbarer Wirkungen ist daher ebenfalls mit großer Wahrscheinlichkeit nicht erfüllt.

In der Konsequenz bedeutet dies, dass wesentliche Voraussetzungen der Kostenvergleichsrechnung mit großer Wahrscheinlichkeit nicht erfüllt sind. Daher müssen aufwendigere Verfahren, wie z.B. die Kosten-Nutzen-Analyse oder die Nutzwertanalyse herangezogen werden<sup>17</sup>.

Es wird daher vorgeschlagen, die rein bautechnische Alternative allein auf Grund des hier festgestellten nachteiligen Ergebnisses noch nicht aus den weiteren Untersuchungen auszuschließen.

---

16 Eine Ausnahme ist zulässig, nämlich wenn die kostengünstigste Alternative zudem die größten Nutzenüberschüsse gegenüber den anderen Alternativen aufweist. Aber auch dies ist ohne eine detaillierte Betrachtung der des Nutzens aller Alternativen nur schwer nachzuweisen.

17 Sinn und Inhalt dieser Verfahren ist detailliert in Abschnitt 2.3 dargestellt.

Die Kosten-Nutzen-Analyse ist einzusetzen, wenn die Bedingung der Nutzengleichheit der Alternativen nicht erfüllt ist, oder wenn hierüber Unklarheit besteht. Die Nutzwertanalyse kommt zum Einsatz, wenn die Bedingung der Äquivalenz monetär nicht bewertbarer Wirkungen fraglich ist.

## 8 Weiteres Vorgehen

Ziel des vorliegenden Gutachtens war es, eine Aussage bezüglich des Vergleichs der Kosten dreier Alternativen zur langfristigen Abwendung von Gebäudeschäden durch Grundwasser im Stadtgebiet Korschenbroich zu erhalten. Dieses Ziel wurde durch Anwendung des Verfahrens der dynamischen Kostenvergleichsrechnung erreicht; eine gutachterliche Aussage wurde formuliert.

Abschließend sollen einige Ideen zum weiteren Vorgehen im Rahmen des Projektes dargestellt werden.

### Finanzierungsfragen

Unabhängig von Fragen der Kostenträgerschaft sollten Möglichkeiten der Finanzierung der Investitionskosten betrachtet werden, da mit einer vollen Kostenübernahme, von welcher Seite auch immer, nicht zu rechnen ist.

Die Einbeziehung eines Finanzierungskonzeptes hätte Rückwirkungen auf den Kostenvergleich. Durch die unterschiedliche Höhe der erforderlichen Investitionen wird der sich bei Finanzierung oder Teilfinanzierung einstellende Kapitaldienst zu verschobenen Ergebnissen bezogen auf die Rentabilitätsschwelle führen. Dies könnte Einfluss auf die betriebswirtschaftliche Entscheidung zwischen den Varianten haben.

### Klärung der Kostenträgerschaft

Das Thema der Kostenträgerschaft ist nach wie vor ungeklärt. Da es sich dabei auch um ein politisches Thema handelt, wird wohl kurzfristig keine Klärung erfolgen. Dennoch wäre eine solche Klärung hilfreich, auch im Zusammenhang mit Fragen der Finanzierung, z.B. wegen der Unterschiedlichkeit der Finanzierungsbedingungen und -laufzeiten für öffentliche versus private Haushalte.

### Detaillierung der Kostenvergleichsrechnung

Die Kostenvergleichsrechnung lässt sich in verschiedenen Punkten detaillierter gestalten, wenn Finanzierungsfragen und Kostenträgerschaft geklärt sind. Dazu einige Beispiele:

Durch Finanzierung entfallen Investitionskosten anteilig.

Durch Kapitaldienste werden die laufenden Kosten erhöht.

Durch Eigenleistungen können Investitionskosten reduziert werden (nach Klärung der Kostenträgerschaft).

Zudem lassen sich im Rahmen einer Detaillierung der Kostenvergleichsrechnung genauere Empfindlichkeitsanalysen im Hinblick auf die kritischen Punkte (z.B. Rentabilitätsschwelle Variante 3 versus Variante 4) vornehmen und dabei die Auswirkungen verschiedener Szenarien (z.B. auf die Beweglichkeit der Rentabilitätsschwelle über die Zeitachse) untersuchen.

#### Zur Notwendigkeit einer Kosten-Nutzen-Analyse

Der ökonomische Nutzen der Alternativen wurde bisher nicht bewertet. Eine Nutzenbetrachtung ist vom Grundsatz her kein Bestandteil einer Kostenvergleichsrechnung und geht daher auch nicht in das Ergebnis ein.

Wenn von einer Nutzengleichheit der Alternativen ausgegangen werden kann, ist dies unproblematisch. In diesem Fall ändert sich nichts an der Aussage der hier durchgeführten Berechnungen.

Es ist zwingend zu untersuchen, inwieweit diese Nutzengleichheit der Alternativen tatsächlich vorliegt. Dies kann im Rahmen einer zunächst grobmaschigen Nutzenanalyse geschehen, da ja die Kostenseite mit dem Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung jetzt vorliegt. Wird dann tatsächlich Nutzengleichheit festgestellt, oder weist die kostengünstigste Alternative zudem qualitativ den größten Nutzen gegenüber den anderen Alternativen aus, so ist das Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung uneingeschränkt brauchbar. Ansonsten ist eine detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen.

#### Zur Notwendigkeit einer Nutzwertanalyse

Bei der Kostenvergleichsrechnung wird generell von einer Äquivalenz monetär nicht bewertbarer Wirkungen ausgegangen. Negative wie positive Konsequenzen z.B. auf Umwelt, Sozialkosten, Arbeitsmarkt dürfen keine Bedeutung haben oder müssen bei allen Alternativen in gleicher Größenordnung auftreten.

Dies scheint aber im vorliegenden Fall nicht unbedingt so zu sein, da z.B. insbesondere die hydraulischen Alternativen einen wichtigen Eingriff in das ökologische Gleichgewicht der Region darstellen, der bei bautechnischen Maßnahmen so nicht erfolgt. Solche Aspekte sind als intangible Wirkungen in einer ökonomischen Beurteilung nur nachrichtlich formulierbar. Günstiger erscheint deshalb, diese Aspekte im Rahmen eines noch zu definierenden Zielsystems einer Nutzwertanalyse zu berücksichtigen.

### Zur Notwendigkeit eines Controlling

Die Planung der langfristigen Maßnahmen, wie auch die spätere operative Durchführung, ist eine technisch und betriebswirtschaftlich anspruchsvolle Managementaufgabe, unabhängig von der konkret ausgewählten Lösungsalternative. Im Rahmen komplexer und schwer überschaubarer Projekte kommt es, so zeigt die Erfahrung, oftmals zu relevanten Überschreitungen der geplanten Kosten. In Zeiten knapper Budgets ist jedoch bereits bei geringen Mehrkosten oftmals das gesamte Projekt gefährdet.

Daher sollte bereits in der Planungsphase neben der technischen Projektleitung eine kaufmännisches Controlling etabliert werden. Neben den üblichen Aufgaben des Kostencontrolling (Kostenstellen, Unterkostenstellen, Kostenarten, Kostenträger) ist damit kaufmännische Planung und Budgetierung (aktuelles Budget, Alternativpläne, Forecast etc.) mit Hilfe fortschrittlicher Analysemethoden (Soll-Ist-Vergleiche, Abweichungsanalysen, Liquiditätsvorschau, Kennzahlenanalysen und Frühwarnsysteme, Exception Reporting, Investitions- und Kreditplanung) im Projekt verankert.