

Kosten der Abwasserbehandlung im ländlich strukturierten Raum

– Druck- und Unterdruckentwässerung, Kleinkläranlagen –

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz NRW

- Nr. 200005-

Wissenschaftlicher Leiter: Prof. Dr.-Ing. M. Lohse

Institut für Abfall- und
Abwasserwirtschaft e. V.

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. G. Hegemann
Dipl.-Ing. T. Böning

Oktober 2000

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1	Allgemeines 1
2	Merkmale und Anwendungsgebiete der Entwässerungs- systeme 4
3	Darstellung und Vergleich der Systemkosten 9
3.1	Kosten der Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme 9
3.1.1	Druckentwässerungssysteme 9
3.1.1.1	Investitionskosten 10
3.1.1.2	Betriebskosten 13
3.1.1.3	Jahreskosten..... 14
3.1.2	Unterdruckentwässerungssysteme..... 16
3.1.2.1	Investitionskosten 17
3.1.2.2	Betriebskosten 19
3.1.2.3	Jahreskosten..... 20
3.1.3	Zusammenfassung: Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme 22
3.2	Kosten der Kleinkläranlagen..... 23
3.2.1	Investitionskosten 23
3.2.2	Betriebskosten 28
3.2.3	Jahreskosten..... 31
3.2.4	Zusammenfassung: Kleinkläranlagen..... 33
3.3	Einwohnerspezifische Kosten von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen sowie von Kleinkläranlagen im Vergleich..... 34
3.4	Eigenleistungen der Betreiber 37
4	Anwendungsbeispiele..... 40
4.1	Fallbeispiel 1 - Druckentwässerung..... 42
4.1.1	Rahmenbedingungen..... 42
4.1.2	Investitionskosten 42
4.1.3	Betriebskosten 43
4.1.4	Jahreskosten..... 44
4.2	Fallbeispiel 2 - Unterdruckentwässerung 45

4.2.1	Rahmenbedingungen.....	45
4.1.2	Investitionskosten	45
4.1.3	Betriebskosten	46
4.1.4	Jahreskosten.....	47
4.3	Fallbeispiel 3 - Kleinkläranlage.....	48
4.3.1	Rahmenbedingungen.....	48
4.1.2	Investitionskosten	48
4.1.3	Betriebskosten	50
4.1.4	Jahreskosten.....	50

Anhang

Tabellenverzeichnis

	<u>Seite</u>
Tab. 1.1: Untersuchungsumfang [LOHSE et al., 1996 und 1999].....	2
Tab. 2.1: Wesentliche Bestandteile der Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme sowie der Kleinkläranlagen.....	7
Tab. 2.2: Anwendungsgebiete und Einflussgrößen bei der Entscheidungsfindung für ein Entwässerungssystem.....	8
Tab. 3.1: Grundlagen der Kostenermittlung - Druckentwässerungssystem.....	9
Tab. 3.2: Investitionskosten von Druckentwässerungssystemen (Herstellerbefragung).....	10
Tab. 3.3: Investitionskosten von Druckentwässerungssystemen (Betreiberbefragung).....	11
Tab. 3.4: Grundlagen der Kostenermittlung - Unterdruckentwässerungssystem.....	16
Tab. 3.5: Investitionskosten von Unterdruckentwässerungssystemen (Herstellerbefragung).....	17
Tab. 3.6: Investitionskosten von Unterdruckentwässerungssystemen (Betreiberbefragung).....	18
Tab. 3.7: Grundlagen der Kostenermittlung - Kleinkläranlagen	23
Tab. 3.8: Investitionskosten von Kleinkläranlagen (Herstellerbefragung).....	24
Tab. 3.9: Investitionskosten von Kleinkläranlagen (Betreiberbefragung).....	25
Tab. 3.10: Flächenbedarf und Grundstückskosten von Kleinkläranlagen (Bsp.).....	28

Tab. 3.11: Betriebskosten von Kleinkläranlagen (inkl. Mehrwertsteuer)	30
Tab. 3.12: Kosten von Kleinkläranlagen (ohne Grundstückskosten)	32
Tab. 4.1: Anteile der Bau- und Maschinentechnik an den Investitionskosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	43
Tab. 4.2: Kapitalkosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	43
Tab. 4.3: Betriebskosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	44
Tab. 4.4: Jahreskosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	44
Tab. 4.5: Anteile der Bau- und Maschinentechnik an den Investitionskosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	46
Tab. 4.6: Kapitalkosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	46
Tab. 4.7: Betriebskosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	46
Tab. 4.8: Jahreskosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)	47
Tab. 4.9: Investitionskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)	49
Tab. 4.10: Anteile der Bau- und Maschinentechnik an den Investitionskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)	49
Tab. 4.11: Kapitalkosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel).....	49
Tab. 4.12: Betriebskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)	50
Tab. 4.13: Jahreskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel).....	50

Abbildungsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Abb. 2.1: Beispiel eines Druckentwässerungssystems [ATV, 1995]	4
Abb. 2.2: Beispiel eines Unterdruckentwässerungssystems [ATV, 1995]	5
Abb. 2.3: Maßgebliche Reinigungsverfahren für Kleinkläranlagen	6
Abb. 3.1: Investitionskostenvergleich von Druckentwässerungssystemen.....	12
Abb. 3.2: Jahreskosten von Druckentwässerungssystemen	15
Abb. 3.3: Investitionskostenvergleich von Unterdruckentwässerungssystemen.....	19
Abb. 3.4: Jahreskosten von Unterdruckentwässerungssystemen	21
Abb. 3.5: Spezifische Investitionskosten von Kleinkläranlagen im Vergleich	26
Abb. 3.6: Jahreskosten von Kleinkläranlagen	31
Abb. 3.7: Einwohnerspezifische Investitionskosten von Druck-, Unterdruckentwässerungssystemen und Kleinkläranlagen bei einem Grundstücks-Anschlusswert von 8 E (Planung) und 70 % Auslastung	35
Abb. 3.8: Einwohnerspezifische Jahreskosten von Druck-, Unterdruckentwässerungssystemen und Kleinkläranlagen	36
Abb. 3.9: Erzielte Einsparung durch Einbringung von Eigenleistung bei der Herstellung von Kleinkläranlagen (Durchschnittswerte).....	38
Abb. 4.1: Betrachtete Anwendungsbeispiele - Übersichtslageplan	41

Kostendefinitionen

1. Investitionskosten [€]:
Alle zur Herstellung, zum Erwerb und zur Erneuerung von Anlagen erforderlichen, einmalig aufzuwendenden Kosten; dazu zählen z. B. Investitionen für das Liefern und Verlegen von Rohrleitungen, Schächten, Lüftungsrohren (inkl. Erdarbeiten), Kleinpumpwerke und Übergabestationen, Druckluft- und Unterdruckstationen (bau-, maschinen- und elektrotechnisch), elektrischer Anschluss, Verteileranlagen, usw. sowie Mehrwertsteuer, Planungshonorare und – im Falle der Kleinkläranlagen – Genehmigungsgebühren.
2. Jährliche Kapitalkosten [€/a]:
Summe aus Verzinsung und Tilgung. Der Zinssatz wird mit real 3 % pro anno angesetzt. Die jeweilige Nutzungsdauer sind den entsprechenden Kapiteln zu entnehmen.
3. Betriebskosten [€/a]:
Alle in der Betriebsphase laufend aufzuwendenden Personal- und Sachkosten; dazu zählen Kosten für Wartung (mit Kosten für Verschleiss-, Ersatzteile und kleinere Instandsetzungen), Energie, Fäkalschlammentsorgung und betriebliche Kontrollen (Analytik).
4. Jahreskosten [€/a]:
Summe aus jährlichen Kapital- und Betriebskosten.
5. Gesamtinvestitionskosten [€/KKA] bzw. [€/HAS]:
Vorgenannte Kosten, bezogen auf eine komplette Kleinkläranlage (KKA) bzw. auf einen vollständigen Hausanschluss (HAS) inkl. entsprechender Sammelleitung eines Druck- oder Unterdruckentwässerungssystems.
6. Einwohnerspezifische Kosten [€/E] bzw. [€/(E · a)]:
Vorgenannte Kosten, bezogen auf den Anschluss eines Einwohners. Im Falle der Kleinkläranlagen erfolgt das in den dargestellten Kostentabellen gemäß der Anlagendimensionierung und nicht entsprechend der Anzahl der tatsächlich angeschlossenen Einwohner. Bei den Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen ist ebenfalls eine entsprechende Einwohneranzahl pro Hausanschluss fest vorgegeben. In der Praxis sind bei der Anwendung der Kostentabellen [€/KKA; €/HAS] für die Berechnung von Jahreskosten pro Einwohner die tatsächlich angeschlossenen Einwohner als Grundlage zu wählen.

Danksagung

Die Ausarbeitung erfolgte im Rahmen von Forschungsprojekten, die vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) NRW (ehemals Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) NRW) in Zusammenarbeit mit dem Landesumweltamt (LUA) NRW gefördert und unterstützt wurden. Durch die teilweise sehr engagierte Hilfestellung vieler interessierter Mitarbeiter/-innen bei den Unteren Wasserbehörden und Kommunen wurden Kontakte zu auskunftswilligen Kleinkläranlagenbetreibern und Anschlussnehmern an Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen hergestellt. Ohne die bereitwillige Überlassung von Informationsmaterial der Anbieterfirmen und insbesondere ohne die Auskunftsbereitschaft der Kommunen und der Betreiber bzw. Anschlussnehmer hätten die Ergebnisse nicht gefunden werden können. Ihnen allen wird herzlich gedankt.

1 Allgemeines

Bei der Aufstellung von Abwasserbeseitigungskonzepten für den ländlichen Raum durch die Kommunen steht immer wieder die Entscheidung zwischen einer zentralen oder dezentralen Lösung im Vordergrund der ingenieurmäßigen Bearbeitung und insbesondere in der kontroversen Diskussion zwischen Politikern und den betroffenen Bürgern. Bei der Entscheidungsfindung steht die Frage nach der Wirtschaftlichkeit meistens im Vordergrund vor ökologischen und betrieblichen Aspekten.

Die mit der Aufstellung von Abwasserbeseitigungskonzepten beauftragten Ingenieurbüros bzw. kommunalen Stellen legen für die Wirtschaftlichkeitsvergleiche Investitionskosten zugrunde, die von Anlagenherstellern und Baufirmen angegeben werden; Untersuchungen haben ergeben, dass ausgeführte Maßnahmen teilweise kostengünstiger ausfallen [Lohse et al., 1996 und 1999]. Ein Grund sind dabei die auf den eigenen Grundstücken erbrachten Eigenleistungen von Kleinkläranlagenbetreibern bzw. Anschlussnehmern von Druckentwässerungssystemen, die zu einer Verringerung der Herstellungskosten führen. In diesen Fällen muss die Kommune dem Bürger den Einsatz von Eigenleistungen satzungsmäßig ermöglichen. In diesen Fällen liegt die Zuständigkeit für die Erstellung der Kleinkläranlage bzw. bei Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen des Hausanschlusses einschließlich Sammelschacht mit Pumpe bzw. Übergabeventil und Leitungen liegt dann in Händen des Anliegers. Dem Betreiber bzw. Anschlussnehmer ist freigestellt, inwieweit er eine Fachfirma einbindet. Auf jeden Fall ist die Anlage nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu errichten.

In dem vorliegenden Bericht werden für Kleinkläranlagen, Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme dargestellt:

- ⇒ Merkmale und Anwendungsgebiete
- ⇒ Investitions- und Betriebskosten inkl. der entstehenden Jahreskosten und einer Gegenüberstellung der Systeme
- ⇒ Vorgehensweise für die Verwendung der ermittelten Kostenansätze in Form von Anwendungsbeispielen

Die Datenbasis für den Bericht bilden die Kostenangaben aus zwei vom INFA durchgeführten und vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW geförderten Forschungsprojekten:

- ⇒ „Effektivkosten von Kleinkläranlagen“ [LOHSE et al., 1996]
- ⇒ „Effektivkosten von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen“ [LOHSE et al., 1999]

Der Untersuchungsumfang der beiden Forschungsprojekte ist in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tab. 1.1: Untersuchungsumfang [LOHSE et al., 1996 und 1999]

Bemerkung	Druckentwässerung	Unterdruck- entwässerung	Kleinkläranlagen ^{oo}
Bundesland	NRW	NRW, NI, SH, BY ^o	NRW, HE
Kreise	Borken, Coesfeld, Gütersloh, Herford, Steinfurt, Warendorf	Augsburg ^o , Deggen- dorf ^o , Diepholz, Dith- marschen, Gifhorn, Konstanz ^o , Peine, Regensburg ^o , Spree- Neiße ^o , Traunstein ^o , Wesel	Borken, Coesfeld, Darmstadt-Dieburg, Hamm, Herford, Müns- ter, Reingau-Taunus, Steinfurt, Warendorf
Kommunen	Kontakte: 70 Auswertungen: 20	Kontakte: 34 Auswertungen: 12	---**
Anschluss- nehmer / Kleinkläranla- genbetreiber	Kontakte: 303 Auswertungen: 88	---*	Kontakte: 156 Auswertungen: 118
Anlagenher- steller und -lieferanten	Kontakte: 34 Auswertungen: 21		Kontakte: 70 Auswertungen: 40
Erfasste Lite- raturquellen ^{oo}	33 Texte (1972 bis 2000)	21 Texte (1986 bis 2000)	15 Texte (1983 bis 2000)

* Befragung war nicht erforderlich, da keine Eigenleistungen der Anschlussnehmer vorlagen.

** Kommunen konnten keine Kostenangaben machen

^o Befragung durch zugesandten Fragebogen; ansonsten Besuch und Interview der Kommunen/Anschlussnehmer

^{oo} Im Rahmen der vorliegenden Studie durch erneute Herstellerbefragung (September 2000) Preisindizes ermittelt und Daten von Lohse et al. [1996] aktualisiert.

In den beiden Forschungsprojekten wurden die Kosten für die einzelnen Systembestandteile (z. B. Rohre, Schächte) und für komplette Systeme durch Hersteller- und Betreiberbefragungen sowie Literaturrecherchen ermittelt.

In dem hier vorliegendem Bericht werden die Ergebnisse der o. g. Hersteller- und Betreiberbefragungen für komplette, standardisierte Entwässerungssysteme und nicht für die einzelnen Anlagenkomponenten dargestellt. Auf eine ausführliche Darstellung der jeweiligen Literaturwerte wird ebenfalls verzichtet, da bei diesen Werten eine detaillierte Aufschlüsselung der einzelnen Kostenkomponenten i. d. R. nicht gegeben bzw. nicht deutlich nachzuvollziehen war. Die Einzelkosten der jeweiligen Systembestandteile (z. B. Gefällezuleitungen, Pumpen, Schächte, etc.) und die recherchierten Literaturdaten können den o. g. Berichten entnommen werden.

Zur Aktualisierung der in LOHSE et al. genannten Kosten für Kleinkläranlagen (Stand: 1996) wurde erneut eine Herstellerbefragung durchgeführt. Auf eine abermalige Betreiberbefragung wurde verzichtet. Die Kosten der Betreiberbefragung – mit Stand 1996 – werden mit den aus der erneut durchgeführten Herstellerbefragung (September 2000) ermittelten Preisindizes auf den Stand September 2000 aktualisiert.

Die Kosten für Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme aus dem Bericht LOHSE et al. [1999] werden ohne nochmalige Überarbeitung übernommen.

Bei der **Druckentwässerung** kommen pneumatische oder hydraulische Förderaggregate zur Anwendung. Da pneumatisch betriebene Systeme im Rahmen der Betreiberbefragung nicht vorgefunden wurden, wird auf dieses System nicht näher eingegangen.

Da **Unterdruckentwässerungen** in den letzten Jahren in NRW nur vereinzelt ausgeführt wurden, lag der Schwerpunkt der Untersuchungen im Bereich der Druckentwässerungen. Zusätzlich wurden Kostendaten von ausgewählten Unterdruckanlagen in anderen Bundesländern erfasst.

Bei den **Kleinkläranlagen** wurden folgende Verfahren betrachtet: Kleinkläranlagen mit

- Untergrundverrieselungsstufe
- Filtergrabenstufe
- Pflanzenstufe
- Teichstufe
- Filterkörperstufe
- Tropfkörperstufe
- Tauchkörperstufe
- SBR-Stufe

Kleinkläranlagen mit SBR-Stufe waren nicht Bestandteil früherer Datenerhebungen. Aufgrund der gegenwärtigen Marktentwicklung wird dieses Verfahren im Folgenden mit in die Kostenbetrachtung einbezogen, wozu eine Herstellerbefragung durchgeführt wurde. Unter Berücksichtigung der bei vergleichbaren Anlagen (z. B. Tropfkörper) erbrachten Eigenleistungen wurden für die SBR-Anlagen die tatsächlich entstehenden Kosten aus den Daten der Herstellerbefragung geschätzt.

2 Merkmale und Anwendungsgebiete der Entwässerungssysteme

Bei der Schmutzwasserbeseitigung im ländlichen Raum kommen zentrale oder dezentrale Lösungen in Frage. Für die dezentrale Abwasserbeseitigung können Kleinkläranlagen und für die zentrale Abwasserbeseitigung Druck- bzw. Unterdruckentwässerungssysteme eingesetzt werden.

Bei der **Druckentwässerung** fördern kleine Pumpen (Kleinpumpwerke) das anfallende Schmutzwasser einzelner Häuser oder von Häusergruppen in ein Druckleitungsnetz. Das Druckleitungsnetz mündet i. d. R. in einen Freigefällekanal oder in ein zentrales Pumpwerk, von dem das Abwasser weitergeführt wird. Insbesondere in Druckleitungsnetzen mit langen Aufenthaltszeiten des Abwassers wird durch die Zugabe von Luft über eine Druckluftstation der Entstehung von Fäulnisprozessen entgegengewirkt. Druckentwässerungssysteme o. ä. sind von Abwasserhebeanlagen und Abwasserpumpwerken abzugrenzen.

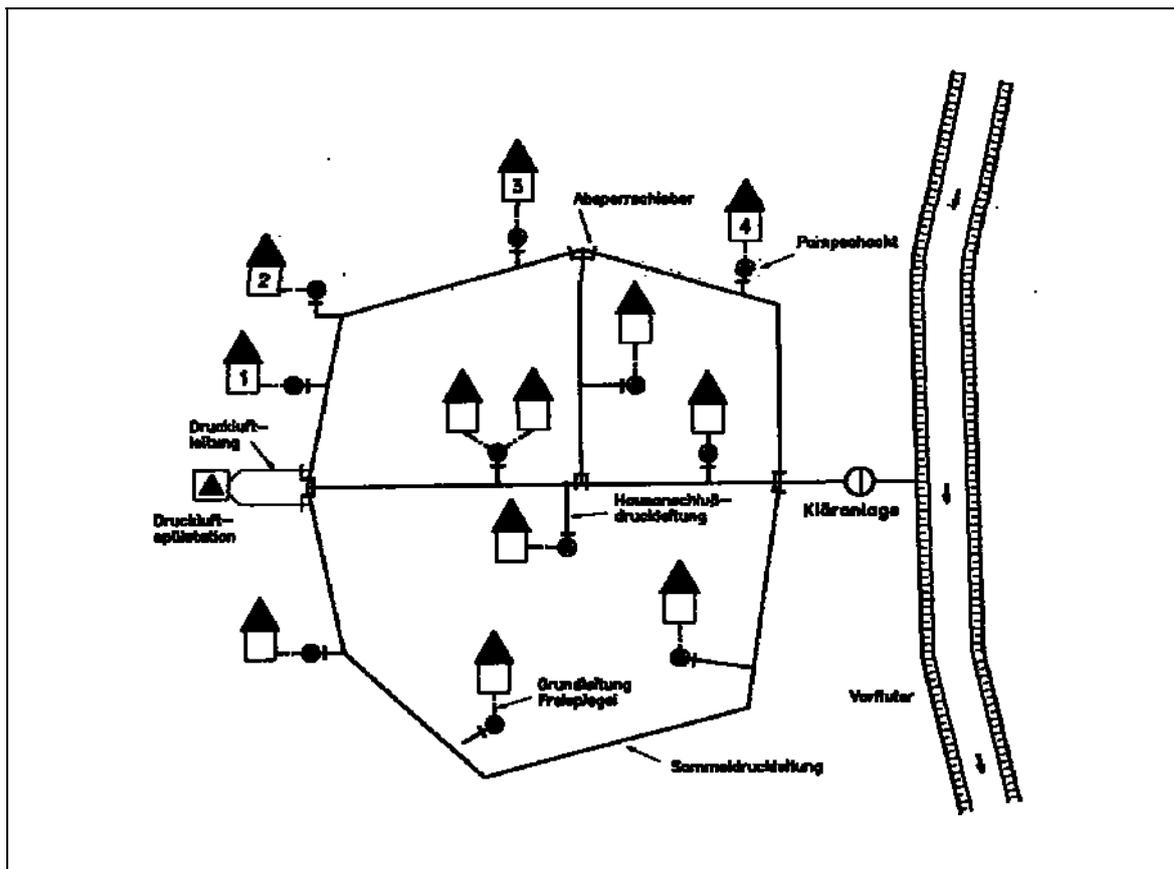


Abb. 2.1: Beispiel eines Druckentwässerungssystems [ATV, 1995]

Bei der **Unterdruckentwässerung** wird in einer Station mittels Unterdruckpumpen ein Unterdruck im Rohrleitungsnetz erzeugt. Durch Öffnen der Hausanschlussventile (Membranventil oder motorisch betriebener Schieber) werden Schmutzwasser und Luft in das Rohrsystem eingesaugt und durchströmen das Rohr in Richtung Unterdruckstation. Durch die besondere Rohrverlegungstechnik („Sägezahn“-Verlauf) liegen sowohl Abschnitte mit getrennten Luft-Wasser-Phasen als auch mit homogenen Luft-Wasser-Gemischen vor. Aus den Unterdruckbehältern der zentralen Station wird das Schmutzwasser diskontinuierlich weitergefördert.

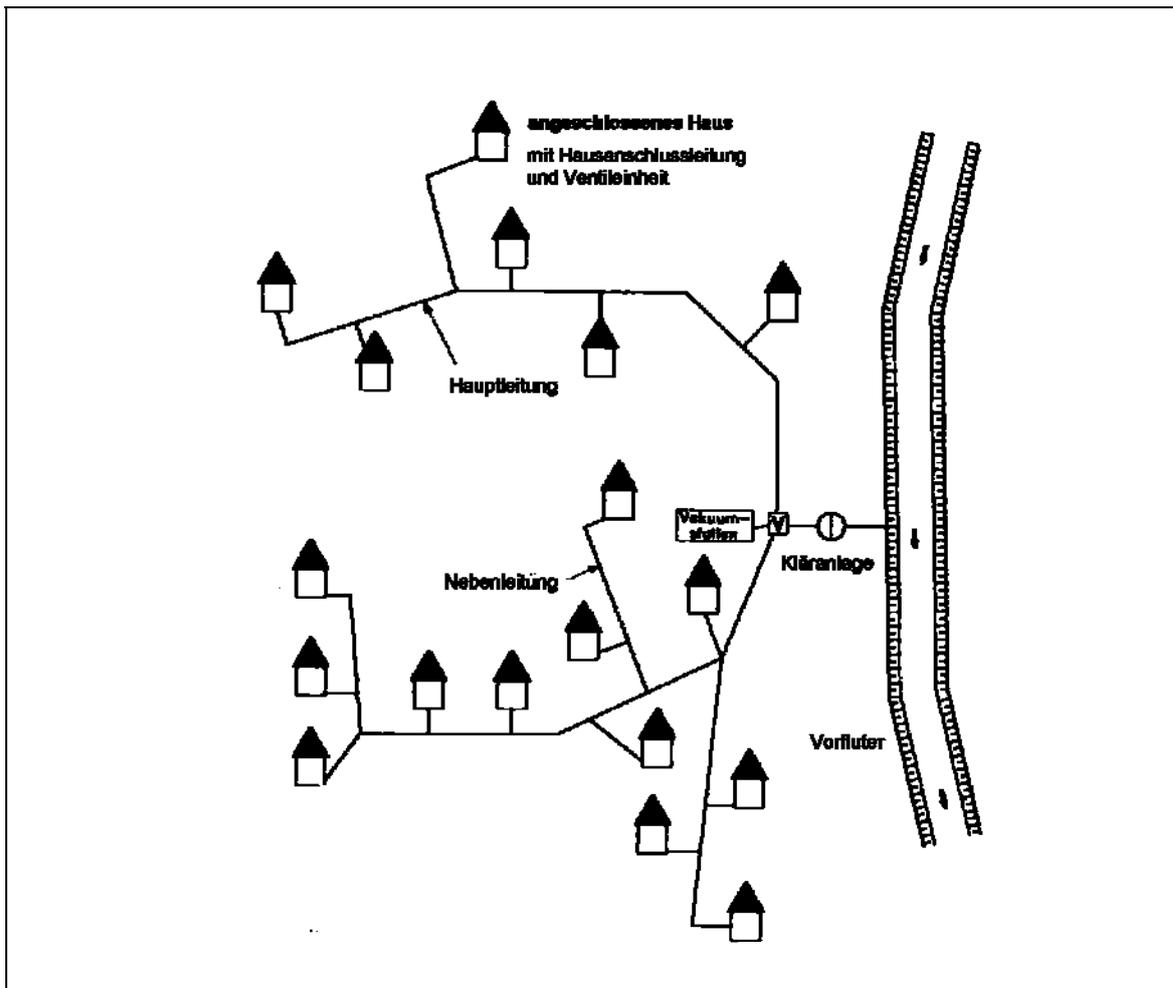


Abb. 2.2: Beispiel eines Unterdruckentwässerungssystems [ATV, 1995]

In **Kleinkläranlagen** wird i. d. R. das Abwasser einzelner Häuser und in einigen Fällen kleinerer Häusergruppen gereinigt. Es kann prinzipiell in naturnahe und in technische Verfahren unterschieden werden.

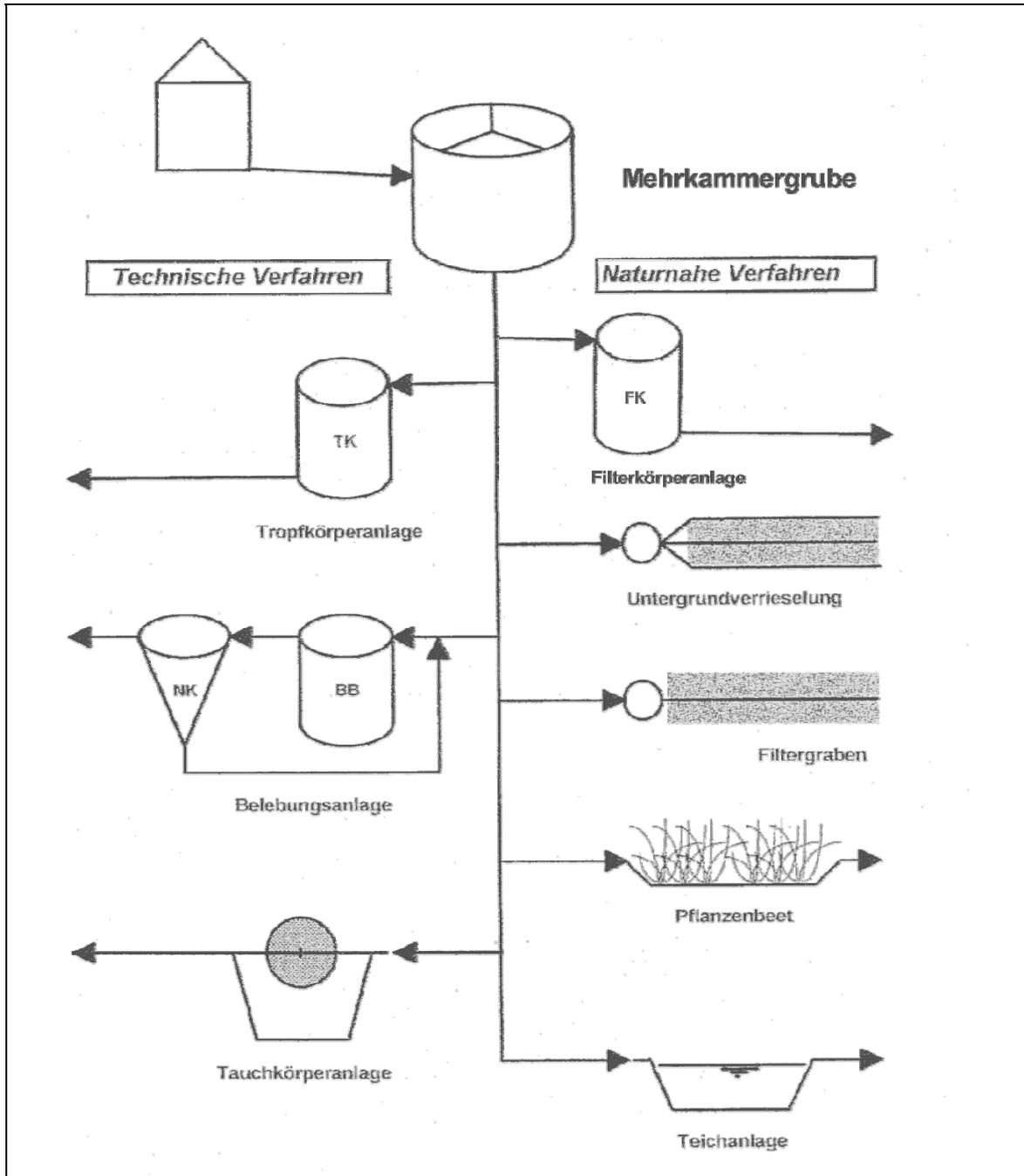


Abb. 2.3: Maßgebliche Reinigungsverfahren für Kleinkläranlagen

Die wesentlichen Systembestandteile der genannten Entwässerungsarten sind in der folgenden Tabelle ersichtlich, wobei die verwandten Begriffe dem technischen Regelwerk entnommen wurden [z. B. DIN 1986, DIN EN 1671, ATV-A116, ATV-A 200].

Tab. 2.1: Wesentliche Bestandteile der Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme sowie der Kleinkläranlagen

Bereich	Druckentwässerungssystem	Unterdruckentwässerungssystem	Kleinkläranlagen
Hausanschluss (Privatgrundstück)	<ul style="list-style-type: none"> • Gefällezuleitung • Sammelschacht mit Pumpe und Rückflussverhinderer • Steuer- und ggf. Alarmeinrichtung • Stromversorgung • Hausanschlussdruckleitung ggf. mit Absperrschieber 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefällezuleitung • Sammelschacht mit Übergabeventil • Steuer- und ggf. Alarmeinrichtung • evtl. Stromversorgung • Hausanschlussunterdruckleitung ggf. mit Absperrschieber 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefällezuleitung • Mehrkammerausfall- bzw. -absetzgrube • Biologische Stufe mit bzw. ohne Abwasserbelüftung (inkl. Verteiler- und Probennahmeschächte) • evtl. Stromversorgung, Steuer- und Alarmeinrichtung • Freigefälleleitung zur Einleitstelle
Sammelleitung: Haupt- und Nebenleitungen (Öffentliches Grundstück)	<ul style="list-style-type: none"> • Druckleitung • Entlüftungsbauwerke Inspektionsrohre, Absperrorgane, Abzweigungen, Spülhydranten, Rohrverbindungen, etc. • evtl. Druckluftstation mit Zubehör 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterdruckleitung • Unterdruckstation mit Zubehör 	Nicht vorhanden!

Die prinzipiellen Anwendungsgebiete für die Entwässerungsverfahren sind in der nachstehenden Tabelle 2.2 zusammengefasst. Zudem werden wesentliche Einflussgrößen für eine Entscheidungsfindung dargestellt, die neben wirtschaftlichen Aspekten auch eine Systemauswahl beeinflussen können.

Tab. 2.2: Anwendungsgebiete und Einflussgrößen bei der Entscheidungsfindung für ein Entwässerungssystem

Druck- und Unterdruckentwässerungssystem	Kleinkläranlagen
Anwendungsgebiete	
in dünn besiedelten Bereichen bei unzureichendem Geländegefälle	
bei zeitweiligem Abwasseranfall (z. B. Campingplätze) in Wasserschutzgebieten bei hohem Grundwasserstand bei ungünstigen Untergrundverhältnissen, z. B. moorig, felsig	Einzelanwesen mit großer Entfernung zum öffentlichen Entwässerungssystem
Einflussgrößen bei einer Entscheidungsfindung	
<ul style="list-style-type: none"> • Mehrbelastung der öffentlichen Kanalisation und ARA 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstücksbedarf (i. d. R. nicht maßgebend) • höherer Verwaltungsaufwand • Organisation der Schlamm Entsorgung • Sicherstellung der Betriebes

3 Darstellung und Vergleich der Systemkosten

In den nachstehenden Kapiteln werden die Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten für Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme sowie für Kleinkläranlagen auf der Basis von Hersteller- und Betreiberbefragungen dargestellt. Bei den dargestellten Systemkosten handelt es sich um finanzielle Aufwendungen für vollständige, betriebsfähige Systeme. Die wesentlichen Bestandteile der Entwässerungssysteme sind dem Kapitel 2 zu entnehmen.

3.1 Kosten der Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme

3.1.1 Druckentwässerungssysteme

Im Rahmen der durchgeführten Herstellerbefragung [LOHSE et al., 1999] war für die Kostenermittlung die Vorgabe von praxisnahen Rahmenbedingungen für das Entwässerungssystem erforderlich, die sich an den Ergebnissen der Betreiberbefragung 1999 orientieren. Die in Tabelle 3.1 aufgeführten Punkte bilden somit die Grundlage für die im folgenden dargestellten Kosten.

Tab. 3.1: Grundlagen der Kostenermittlung - Druckentwässerungssystem

Druckentwässerungssysteme
<p><u>Hersteller- und Betreiberbefragung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 m Gefälleleitung DN 150 PVC – Mittelwert der Betreiberbefragung • Pumpstation besteht aus Kunststoffsammlerschacht mit Rohrarmaturen, Tauchpumpe(n) mit Schneidrad und einer Steuerung für Innenaufstellung mit Stromversorgung, Füllstandsgeber, Alarmvorrichtung, etc. • 33 m Hausanschlussdruckleitung DN 50/65 PE-HD – Medianwert der Betreiberbefragung • Sammelleitung DN 40 bis DN 180 aus PE-HD • Rohrleitungen in Grabenbauweise verlegt • Investitionskosten enthalten sämtliche Kosten für Material, Erd-, Liefer-, Verlege-/Montier- und Oberflächenarbeiten, Aufwendungen für Baustelleneinrichtung/-räumung sowie Ingenieurhonorare und 16 % Mehrwertsteuer <p><u>Herstellerbefragung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehraufwendungen für Oberflächenarbeiten an befestigten Oberflächen, evtl. notwendige Wasserhaltungsmaßnahmen, Rohrformstücke, Straßenunterquerungen, Gewässerdückerungen, Kabelkreuzungen, Druckluftstation (ggf. mit 9.700 € pro Stück zu berücksichtigen), etc. sind nicht enthalten. • Für die Berechnung der Ingenieurhonorare gemäß HOAI Anzahl der an ein System angeschlossenen Hausanschlüsse mit 20 festgelegt; Angaben entsprechen den in der Praxis durch die Betreiberbefragung vorgefundenen Systemen.

3.1.1.1 Investitionskosten

Ergebnisse der Herstellerbefragung:

Aus den Einzelkosten (Mittelwerte) der verschiedenen Bestandteile eines Druckentwässerungssystems werden Gesamtinvestitionskosten und einwohnerspezifische Investitionskosten ermittelt (s. Tabelle 3.2). Die Berechnung erfolgt beispielhaft für drei Hausanschlussarten, die mit verschiedenen Netzgrößen – ausgedrückt als Meter Sammelleitung pro Hausanschluss (m SAL/HAS) – kombiniert werden. Als Hausanschlüsse werden gewählt:

- a) Einfamilienhaus (Einzelpumpwerk); Einwohnerwert = 5 E
- b) Mehrfamilienhaus (Einzelpumpwerk); Einwohnerwert = 20 E
- c) Einrichtung, wie z. B. Gaststätten oder Gewerbebetriebe (Doppelpumpwerk); Einwohnerwert = 50 E

Die Investitionskosten für ein Einzelpumpwerk eines Hausanschlusses mit 5 E sind identisch mit den Kosten für ein Einzelpumpwerk eines Hausanschlusses für 20 E. Durch die automatische Erhöhung des Förderintervalls (i. d. R. Schwimmerschaltung) wird die erhöhte Abwassermenge bedarfsgerecht gefördert.

Tab. 3.2: Investitionskosten von Druckentwässerungssystemen
(Herstellerbefragung)

Hausanschlussspezifische Investitionskosten ¹⁾										
System		Hausanschluss			Sammelleitung			Gesamtsystem		
Nr.	Größe	5 E ²⁾	20 E ³⁾	50 E ⁴⁾	5 E ²⁾	20 E ³⁾	50 E ⁴⁾	5 E ²⁾	20 E ³⁾	50 E ⁴⁾
	[m SAL / HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]
1	30	6.750	6.750	9.200	870	820	770	7.620	7.570	9.970
2	100	6.750	6.750	9.200	2.890	2.860	2.810	9.640	9.610	12.020
3	200	6.750	6.750	9.200	5.730	5.730	5.620	12.480	12.480	14.830
Einwohnerspezifische Investitionskosten ¹⁾										
System		Hausanschluss			Sammelleitung			Gesamtsystem		
Nr.	Größe	5 E ²⁾	20 E ³⁾	50 E ⁴⁾	5 E ²⁾	20 E ³⁾	50 E ⁴⁾	5 E ²⁾	20 E ³⁾	50 E ⁴⁾
	[m SAL / HAS]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]
1	30	1.350	340	180	170	40	20	1.520	380	200
2	100	1.350	340	180	580	140	60	1.930	480	240
3	200	1.350	340	180	1.150	290	110	2.480	620	300

1) Inkl. Ingenieurhonorare und 16 % Mehrwertsteuer, Material, Erd-, Liefer-, Verlege-/Montier-, Oberflächenarbeiten (unbefestigt), Baustelleneinrichtung/-räumung; ohne Wasserhaltung, Sonderbauwerke, etc.; keine Druckluftstation; Aufschlag für das Gesamtsystem mit 9.700 €/Station

2) Einfamilienhaus mit Einzelpumpwerk; Einwohnerwert 5 E

3) Mehrfamilienhaus mit Einzelpumpwerk; Einwohnerwert 20 E

4) Z. B. Gaststätten oder Gewerbebetriebe mit Doppelpumpwerk; Einwohnerwert 50 E

SAL: Sammelleitung; HAS: Hausanschluss

Ergebnisse der Betreiberbefragung:

Im Rahmen der Untersuchung wurden 17 der 26 erfassten Systeme bei der Gesamtauswertung berücksichtigt. Die Systeme werden für die Auswertung drei Gruppen zugeordnet. Als Zuordnungsgrundlage dient die jeweils vorliegende Netzgröße, definiert als Länge der Sammelleitung pro Hausanschluss (m SAL/HAS). Es wird in die folgenden Gruppen unterschieden:

- 15 bis < 50 m SAL/HAS
- 50 bis < 150 m SAL/HAS
- 150 bis < 250 m SAL/HAS

Für die Darstellung einwohnerspezifischer Werte wurde für jeden Hausanschluss ein Einwohnerwert von 5 E angesetzt. Dieser Wert ergab sich als Mittelwert der durchgeführten Betreiberbefragung.

Tab. 3.3: Investitionskosten von Druckentwässerungssystemen
(Betreiberbefragung)

Hausanschlussspezifische Investitionskosten ^{1) 2)}					
System		Datenquellen	Min.	Mittel.	Max.
Nr.	Größe				
	[m SAL / HAS]	[Anzahl]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]
1	15 bis < 50	3	6.010	7.440	9.560
2	50 bis < 150	16	6.340	11.100	15.770
3	150 bis < 250	9	10.300	13.630	20.200
Einwohnerspezifische Investitionskosten ^{1) 3)}					
System		Datenquellen	Min.	Mittel.	Max.
Nr.	Größe				
	[m SAL / HAS]	[Anzahl]	[€/E]	[€/E]	[€/E]
1	15 bis < 50	3	1.200	1.490	1.910
2	50 bis < 150	16	1.270	2.220	3.150
3	150 bis < 250	9	2.060	2.730	4.040

1) Inkl. Ingenieurhonorare, 16 % Mehrwertsteuer sowie sämtlicher Material- und Arbeitsaufwendungen

2) Einzelpumpwerke

3) Hausanschluss mit 5 Einwohnern

SAL: Sammelleitung; HAS: Hausanschluss

Zusammenfassung:

Die im Rahmen der Hersteller- und Betreiberbefragung ermittelten Investitionskosten werden in der nachfolgenden Abbildung einwohnerspezifisch für verschiedene Netzgrößen dargestellt. Als Grundlage wurde bei beiden Befragungen ein Hausanschluss mit 5 Einwohnerwerten angesetzt. Dem Hausanschluss der Herstellerbefragung wurde dabei eine Gefällezuleitung (20 m, DN 150 PVC), ein Kunststoffsammlerschacht mit Schneidradpumpe sowie eine Hausanschlussdruckleitung (33 m, DN 50 bis 65 PE-HD) und der Sammelleitung PE-HD Rohre (DN 100 mit 30, 100 und 200 m Sammelleitung) zugrundegelegt.

Alle Investitionskostenangaben der Hersteller- und Betreiberbefragung enthalten sämtliche Kosten für Material, Erd-, Liefer-, Verlege-/Montier- und Oberflächenarbeiten, Aufwendungen für Baustelleneinrichtung/-räumung sowie Ingenieurhonorare und 16 % Mehrwertsteuer. In den dargestellten Systemen der Herstellerbefragung ist keine Druckluftstation enthalten; sie ist im Mittel mit 9.700 € (inkl. Ingenieurhonorare und Mehrwertsteuer) hinzuzurechnen.

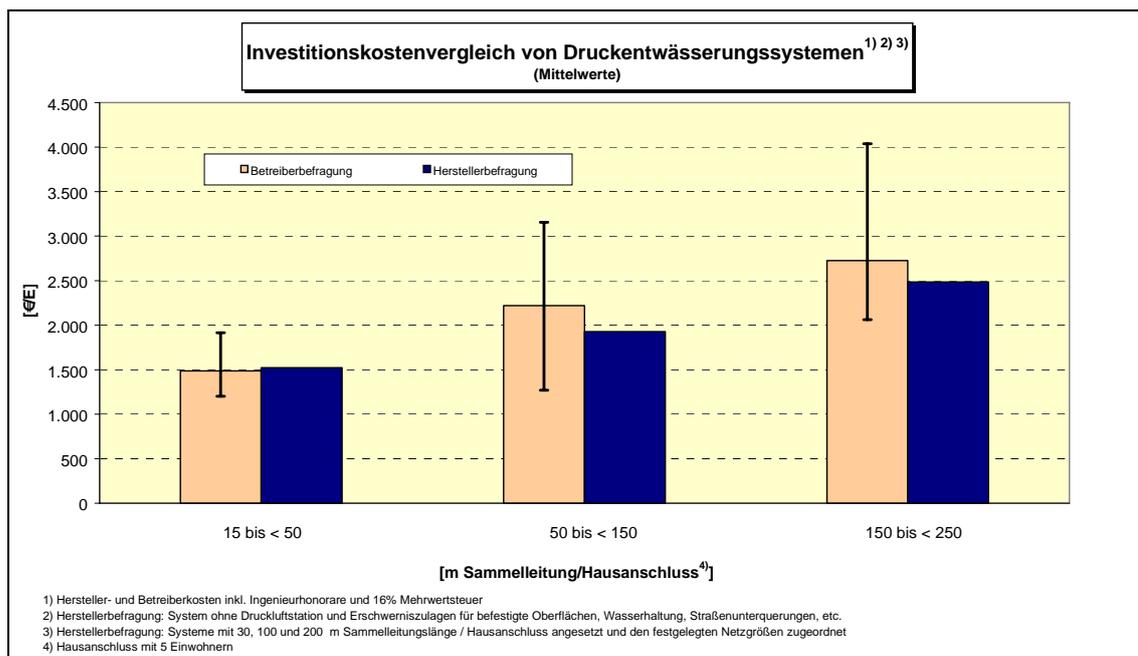


Abb. 3.1: Investitionskostenvergleich von Druckentwässerungssystemen

Die Gründe für die Differenzen der Angaben von Betreibern und Herstellern liegen u. a. in den angesetzten Rahmenbedingungen für die Baumaßnahmen. Es sind z. B. kein Aufschläge für Wasserhaltungen oder für Straßenunterquerungen bei den Angaben der Hersteller angesetzt worden, die in den Kosten der Betreiberbefragung enthalten sind. Die dargestellten Maximalwerte der Betreiberbefragung beziehen sich auf Anlagen ohne Eigenleistung der Anschlussnehmer und die Minimalwerte auf Kosten mit Eigenleistung der Anschlussnehmer.

3.1.1.2 Betriebskosten

Die Betriebskosten lassen sich bei Druckentwässerungssystemen aufteilen in:

- Hausanschluss:
 - Wartungskosten für die Pumpstation
 - Energiekosten für die Pumpstation
 - Kosten für die Überwachung der Pumpstation (Funktionskontrolle)
- Sammelleitung:
 - Wartungskosten für das Leitungsnetz und die Druckluftstation(en)
 - Energiekosten für die Druckluftstation(en)
 - Kosten für die Überwachung des Leitungsnetzes und der Druckluftstation(en) (Funktionskontrolle)

Für die öffentlichen Pumpwerke – auch Kleinpumpwerke auf Privatgrundstücken, die durch die Kommune errichtet worden sind oder die ggf. nach Inbetriebnahme an die Kommune übergehen – liegt die Verantwortung für die **Wartungen der Pumpstationen** auf Seite der Kommunen. Im Gegensatz dazu können für Pumpwerke im Privatbesitz die Anschlussnehmer für die Wartung in die Pflicht genommen werden. Im allgemeinen erfolgt die Wartung einer Pumpstation einmal im Jahr. Für die Wartung eines Kleinpumpwerkes ergaben sich im Rahmen der Betreiberbefragung im Durchschnitt Kosten von ca. 75 €/HAS (inkl. MwSt.). Im Gegensatz dazu ergab die Herstellerbefragung Wartungskosten von ca. 155 € pro Wartung eines Einzelpumpwerkes. In den oben genannten Wartungskosten sind keine Aufwendungen für Reparaturen enthalten.

Die Befragung der privaten Anschlussnehmer ergab für Einzelpumpwerke (bis fünf Einwohnerwerte) mit einer Pumpenleistung von durchschnittlich ca. 2,6 kW einen jährlichen **Energieverbrauch** von 2,30 €/(E · a) (inkl. MwSt. und 0,15 €/kWh). Von den Herstellern wurden Energiekosten von 1 bis 3 €/(E · a) genannt.

Kosten für die Überwachung der privaten und öffentlichen Pumpstationen auf privaten Grundstücken (**Funktionskontrolle**) fallen nicht an, da der Anschlussnehmer diese Aufgabe wahrnehmen kann. Im Falle eines Defektes werden vom Anschlussnehmer Maßnahmen, wie z. B. Informieren der Kommune oder des Kundendienstes der Fachfirma mittels des jeweils eingerichteten Notdienstes, eingeleitet.

Eine **Wartung der Druckluftstation(en)** kann durch kommunales Personal oder durch Fachfirmen erfolgen. Die Befragung ergab, dass im Regelfall die Kommunen die Wartungen mit eigenem Personal durchführen. Dazu wurden von den Kommunen Kosten von durchschnittlich 7,7 €/(E · a) pro Druckluftstation genannt. Mit den wöchentlich

durchgeführten Wartungen werden somit i. d. R. auch die erforderlichen Funktionskontrollen abgedeckt. In den dargestellten Wartungskosten sind keine Reparaturen enthalten.

Eine konkrete Aussage zu den **Energiekosten der Druckluftstationen** war aufgrund der internen Verwaltungsstruktur nur bei wenigen Kommunen möglich. Es wurden pro Anlage Energiekosten von im Mittel $0,50 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$ genannt.

Das **Leitungsnetz** wird als wartungs-/reparatur- und funktionskontrollfrei angesehen. Im Bedarfsfall – Beschwerden der Anschlussnehmer über Funktionsstörungen – werden ggf. vereinzelt Spülungen durchgeführt. Je nach Entstehungsgrund werden die Kosten von der Kommune oder bei grober Fahrlässigkeit vom Anschlussnehmer getragen.

Es ergeben sich die folgenden **Betriebskosten** inkl. 16 % Mehrwertsteuer:

- Hausanschluss (HAS mit 5 Einwohnern)
 - Wartung der Pumpe: 15,00 €/(E · a)
 - Energiebedarf der Pumpe: 2,30 €/(E · a)
 - Reparaturkosten (2 % Investitionskosten Pumpe/(E · a)): 5,10 €/(E · a)
- Leitungsnetz
 - wartungs-, reparatur- und funktionskontrollfrei angesetzt: entfällt
- Druckluftstation
 - Wartung der Druckluftstation durch die Kommune: 7,70 €/(E · a)
 - Energiebedarf der Druckluftstation: 0,50 €/(E · a)
 - Reparaturkosten (2 % Investitionskosten Druckluftstation/(E · a)): 1,30 €/(E · a)

Im Falle eines Hausanschlusses mit 5 Einwohnern ergeben sich somit Gesamtbetriebskosten von **ca. 160 €a** (entspricht $32 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$).

3.1.1.3 Jahreskosten

Die Jahreskosten setzen sich aus den Kapital- und den Betriebskosten inkl. Mehrwertsteuer zusammen. Die Berechnung erfolgte in Anlehnung an die „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA, 1998]. Für die Berechnung der Kapitalkosten aus den Investitionskosten der **Betreiberbefragung** werden entsprechend den LAWA-Leitlinien der reale Zinssatz mit 3 % und die Nutzungsdauer wie folgt angesetzt:

- Druck- und Dükerleitungen: 28 - 50 Jahre → Gewählt: 35 a
- Sammelschacht des Hausanschlusses: 25 - 40 Jahre → Gewählt: 25 a
(wie Pump- und Hebewerke, baulicher Teil)
- Pump- und Hebewerke, maschinelle Ein- 8 – 12 Jahre → Gewählt: 10 a
richtung, sonstige Pumpen:
- Druckluftstation: 33 – 50 Jahre → Gewählt: 35 a
(wie Betriebsgebäude)
- Druckluftstation, maschinelle Einrichtung: 8 – 12 Jahre → Gewählt: 10 a
(wie Pump- und Hebewerke, maschinelle
Einrichtung, sonstige Pumpen)
- Mess- und Steuereinrichtungen: 8 – 12 Jahre → Gewählt: 10 a

Die folgende Abbildung enthält eine Zusammenfassung der ermittelten Jahreskosten.

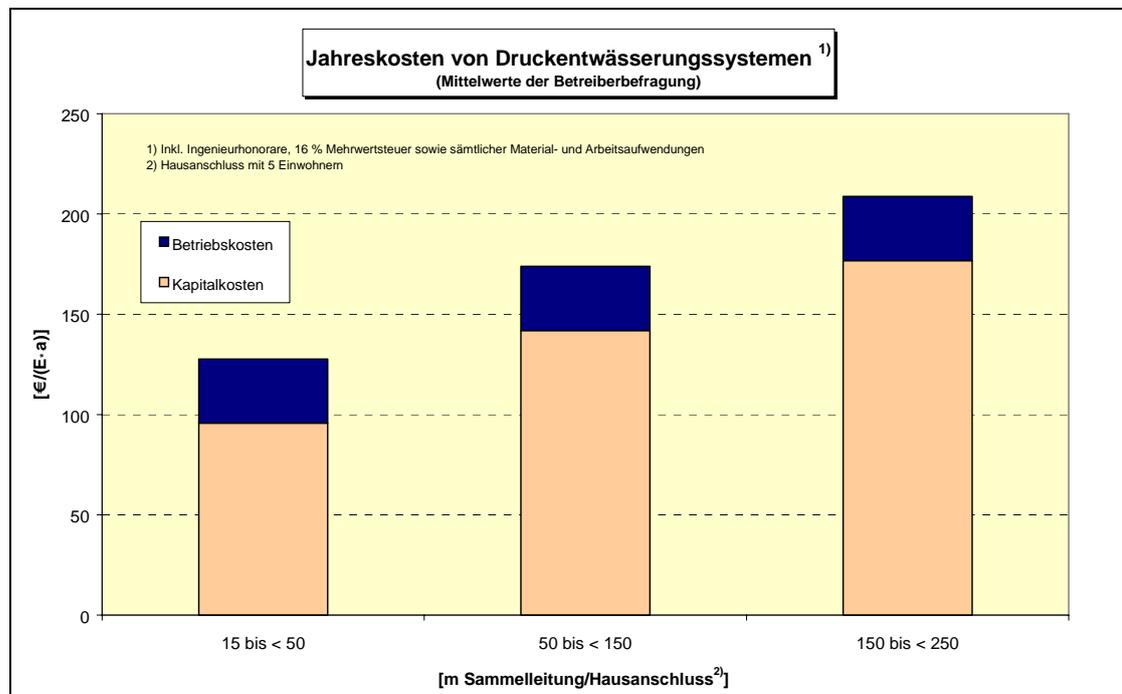


Abb. 3.2: Jahreskosten von Druckentwässerungssystemen

Die genannten Jahreskosten werden durch die in der Literatur veröffentlichten Jahreskosten zwischen 145 und 270 €/E · a) weitestgehend bestätigt [LOHSE et al., 1999]. Zur Erfassung der gesamten Kosten für die Ableitung und Behandlung des Abwassers sind die Kapital- und Betriebskosten der weiterführenden Kanalisation sowie der Abwasserreinigungsanlage, in die das Abwasser eingeleitet wird, hinzuzurechnen.

3.1.2 Unterdruckentwässerungssysteme

Analog zur Kostenermittlung für Druckentwässerungssysteme wurden im Rahmen der Untersuchungen von LOHSE et al. [1999] auch für die Herstellerbefragungen zu Unterdruckentwässerungssystemen praxisnahe Systembedingungen vorgegeben, die aus den Betreiberbefragungen abgeleitet wurden (s. Tabelle 3.4).

Tab. 3.4: Grundlagen der Kostenermittlung - Unterdruckentwässerungssystem

Unterdruckentwässerungssysteme
<p><u>Hersteller- und Betreiberbefragung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 m Gefälle-zuleitung DN 150 PVC – Mittelwert der Betreiberbefragung (Druckentwässerungssysteme) • Hausanschlussschacht aus Beton oder Kunststoff (PE, GFK) mit Vorlagebehälter und hydraulischem oder elektronischem Übergabeventil; Schachtgröße unabhängig von angeschlossenem Einwohnerwert, somit i. d. R. nur ein Schachttyp • 10 m Hausanschlussunterdruckleitung DN 65 PE-HD • Sammelleitungen aus PVC-Hart (DIN 8061/62) oder aus PE-HD (DIN 8074/75) in Druckstufe PN 10; Nennweiten zwischen DN 65 und DN 125 (DN keine signifikanten Auswirkungen auf den Preis) • Rohrleitungen in Grabenbauweise mit definierten Tief- und Hochpunkten („Sägezahn-technik“) verlegt • Die Angaben enthalten die Kosten für Material inkl. Lieferung, Erd-, Verlege-, Montage- und Oberflächenarbeiten, Aufwendungen für Baustelleneinrichtung/-räumung sowie Ingenieurhonorare (nur bei Gesamtinvestitionskosten) und 16 % Mehrwertsteuer. <p><u>Herstellerbefragung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehraufwendungen für Oberflächenarbeiten an befestigten Oberflächen, evtl. notwendige Wasserhaltungsmaßnahmen, Straßenunterquerungen, Gewässerdückerungen, Kabelkreuzungen, etc. sind nicht enthalten.

3.1.2.1 Investitionskosten

Ergebnisse der Herstellerbefragung:

Da in Deutschland im wesentlichen nur zwei Firmen Unterdrucksysteme zur Abwasserableitung anbieten und im Rahmen der Betreiberbefragung auch ausschließlich Anlagen dieser Anbieter angetroffen wurden, beschränkt sich die Herstellerbefragung ausschließlich auf diese beiden Firmen. Es werden Kosten der einzelnen Anlagenkomponenten, z.B. Schächte, Rohrleitungen, Unterdruckstation sowie des Gesamtsystems dargestellt.

Für die Befragung der Anlagenhersteller war eine Einteilung von Unterdruckentwässerungssystemen nach Größen erforderlich. Es wurde folgende Größeneinteilung gewählt (HAS: Hausanschluss; SAL: (Unterdruck-)Sammelleitung):

1. Anlage mit 20 HAS und 1.000 m SAL
2. Anlage mit 50 HAS und 2.500 m SAL
3. Anlage mit 100 HAS und 5.000 m SAL
4. Anlage mit 250 HAS und 10.000 m SAL

Alle Anlagen verfügen über eine zentrale Unterdruckstation.

Zur Ermittlung der einwohnerspezifischen Investitionskosten wurde unter Bezug auf die Ergebnisse der Betreiberbefragung von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen von einem mittleren Anschluss von 5 E pro Schacht ausgegangen. Tabelle 3.5 zeigt, dass sich die einwohnerspezifischen Investitionskosten aufgrund des hohen Kostenanteils der Unterdruckstationen bei den größeren Systemen deutlich reduzieren.

Tab. 3.5: Investitionskosten von Unterdruckentwässerungssystemen
(Herstellerbefragung)

Hausanschlussspezifische Investitionskosten ¹⁾						
System		Datenquellen	Hausanschluss-schächte	Sammel-leitungen	Unterdruck-station	Gesamtsystem
[Nr.]	[Größe]	[Anzahl]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]
1	20 HAS, 1.000 m SAL	2	3.730	4.170	2.680	10.580
2	50 HAS, 2.500 m SAL	2	3.710	4.120	2.250	10.050
3	100 HAS, 5.000 m SAL	2	3.660	4.090	1.180	8.920
4	250 HAS, 10.000 m SAL	2	3.630	3.220	640	7.490
Einwohnerspezifische Investitionskosten ^{1) 2)}						
System		Datenquellen	Hausanschluss-schächte	Sammel-leitungen	Unterdruck-station	Gesamtsystem
[Nr.]	[Größe]	[Anzahl]	[€/E]	[€/E]	[€/E]	[€/E]
1	20 HAS, 1.000 m SAL	2	750	830	540	2.120
2	50 HAS, 2.500 m SAL	2	740	820	450	2.010
3	100 HAS, 5.000 m SAL	2	730	820	240	1.780
4	250 HAS, 10.000 m SAL	2	730	640	130	1.500

1) Inkl. Ingenieurhonorare und 16 % Mehrwertsteuer, Material, Erd-, Liefer-, Verlege-/Montier-, Oberflächenarbeiten (unbefestigt), Baustelleneinrichtung/-räumung; ohne Wasserhaltung, Sonderbauwerke, etc

2) Hausanschluss mit 5 Einwohnern
SAL: Sammelleitung; HAS: Hausanschluss

Ergebnisse der Betreiberbefragung:

Bei der Betreiberbefragung wurden fünf Städte/Gemeinden in Interviews über die entstandenen Kosten befragt. Aus der Befragung konnten die Investitionskosten von sieben unabhängigen Unterdrucksystemen, die alle seit 1992 errichtet wurden, ausgewertet werden, wobei eine Auswertung der Gesamtkosten nicht in allen Fällen möglich war. Um weitere Daten zu entstandenen Investitionskosten zu erhalten, wurden zusätzlich ca. 20 Städte und Kommunen schriftlich zu entstandenen Herstellungskosten befragt. Aus dieser Befragung konnten weitere fünf Systeme ausgewertet werden.

Der Ermittlung der einwohnerspezifischen Kosten wurde ein durchschnittlicher Anschluss von 5 Einwohnern pro Hausanschlussschacht zugrundegelegt; dieser wurde im Rahmen der Betreiberbefragung von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen als Durchschnittswert vorgefunden. Die Länge der Sammelleitung aller untersuchter Anlagen lag zwischen 950 m und 11.000 m; Durchschnittswert: 4.000 m.

Tab. 3.6: Investitionskosten von Unterdruckentwässerungssystemen in Abhängigkeit von der Netzgröße (Betreiberbefragung)

Hausanschlusspezifische Investitionskosten ¹⁾						
System			Daten- quellen	Min.	Mittel.	Max.
Nr.	Anzahl HAS	Gesamtlänge SAL				
	[-]	[m]	[Anzahl]	[€/HAS]	[€/HAS]	[€/HAS]
1	< 50	< 2.000	4	5.470	11.020	27.410
2	50 - 100	1.000 - 5.000	3	6.980	9.560	14.010
3	> 100	> 5.000	3	7.340	9.970	12.650
Einwohnerspezifische Investitionskosten ^{1) 2)}						
System			Daten- quellen	Min.	Mittel.	Max.
Nr.	Anzahl HAS	Gesamtlänge SAL				
	[-]	[m]	[Anzahl]	[€/E]	[€/E]	[€/E]
1	< 50	< 2.000	4	1.090	2.200	5.480
2	50 - 100	1.000 - 5.000	3	1.400	1.910	2.800
3	> 100	> 5.000	3	1.470	1.990	2.530

1) Inkl. Ingenieurhonorare, 16 % Mehrwertsteuer sowie sämtlicher Material- und Arbeitsaufwendungen

2) Hausanschluss mit 5 Einwohnern

SAL: Sammelleitung; HAS: Hausanschluss

Zusammenfassung:

Die Investitionskosten der Hersteller- und Betreiberbefragung werden in der Abbildung 3.3 zusammengefasst. Die Angaben enthalten die Kosten für die Hausanschluss-schächte, die Sammelleitung sowie die Unterdruckstation. Für die Ermittlung der ein-wohnerspezifischen Kosten wurde wie bei den Drucksystemen ein Anschluss bis zu 5 Einwohnern pro Haus angesetzt.

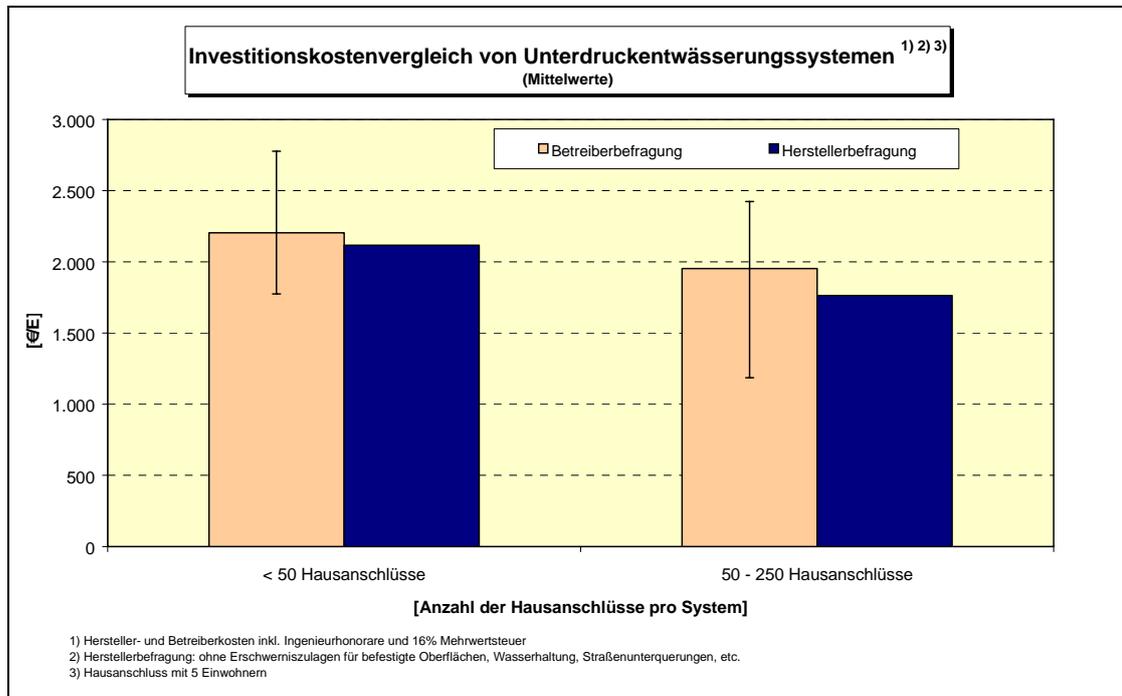


Abb. 3.3: Investitionskostenvergleich von Unterdruckentwässerungssystemen

Bei einer Netzgröße von bis zu ca. 50 Hausanschlüssen sind Investitionskosten von ca. 2.000 bis 2.300 €/E und bei Netzen mit 50 bis 250 Hausanschlüssen Investitionskosten von ca. 1.800 bis 2.000 €/E zu veranschlagen.

3.1.2.2 Betriebskosten

Betriebskosten fallen im wesentlichen in Form von Stromkosten für den Betrieb der Unterdruckstation sowie für Wartung und Instandhaltung an. Die Betreiber der Unterdrucksysteme waren in der Regel in der Lage, die angefallenen Stromkosten sowie die Reparaturkosten exakt zu beziffern. Die Überwachungs- und Wartungsarbeiten werden in der Regel durch das Betriebspersonal des Tiefbauamtes bzw. der Abwasseranlage im Rahmen der allgemeinen Kanalüberwachung durchgeführt. Die anteiligen Kosten für den Bereich der Unterdruckentwässerung konnten nur geschätzt werden.

Eine Abhängigkeit der Betriebskosten von der Größe des Netzes konnte nicht festgestellt werden. Die **Stromkosten** aller im Rahmen der Betreiberbefragung ausgewerteten Systeme betragen im Durchschnitt $7 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$, die durchschnittlichen Kosten für **Wartung und Instandhalten** lagen bei $22 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$; davon waren ca. $16 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$ Personalkosten und $6 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$ Reparaturkosten. Insgesamt ergeben sich durchschnittliche **Gesamtbetriebskosten** (inkl. 16 % Mehrwertsteuer) von ca. **$29 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$** .

3.1.2.3 Jahreskosten

Die Jahreskosten setzen sich aus den Kapital- und Betriebskosten der Unterdruckentwässerungssysteme zusammen. Zur Ermittlung der Kapitalkosten wurden die im Rahmen der **Betreiberbefragung** ermittelten Investitionskosten gemäß den „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA, 1998] umgerechnet. Der reale Zinssatz wurde entsprechend den LAWA-Leitlinien mit 3 % angesetzt. Die jeweilige Nutzungsdauer wird gewählt mit:

- Unterdruckleitungen: 28 – 50 Jahre → Gewählt: 35 a
(wie Druck- und Dükerleitungen)
- Sammelschacht des Hausanschlusses: 25 – 40 Jahre → Gewählt: 25 a
(wie Pump- und Hebewerke, baulicher Teil)
- Ventil des Unterdruckübergabeschachtes: 8 – 12 Jahre → Gewählt: 10 a
(wie Pump- und Hebewerke, maschinelle
Einrichtung, sonstige Pumpen)
- Unterdruckstation: 33 – 50 Jahre → Gewählt: 35 a
(wie Betriebsgebäude)
- Unterdruckstation, maschinelle Einrichtung 8 – 12 Jahre → Gewählt: 10 a
(Mess- und Steuereinrichtungen)
- Mess- und Steuereinrichtungen: 8 – 12 Jahre → Gewählt: 10 a

Die nachfolgende Abbildung enthält die Ergebnisse der Jahreskostenermittlung. Die spezifischen Betriebskosten werden mit $29 \text{ €}/(\text{E} \cdot \text{a})$ veranschlagt.

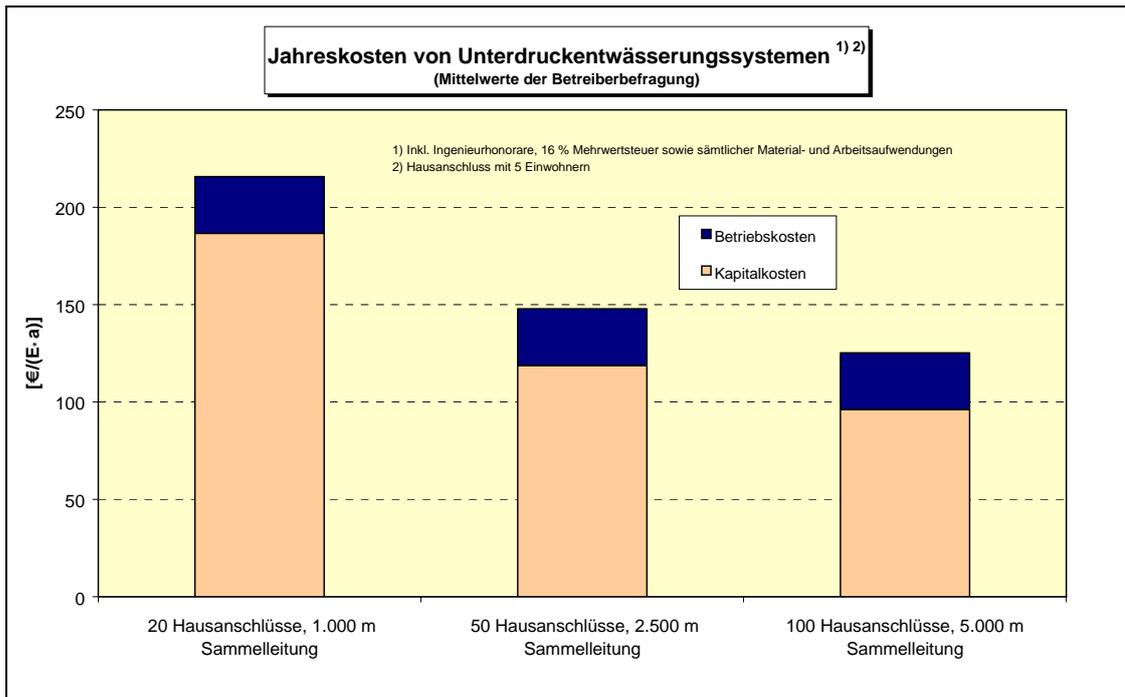


Abb. 3.4: Jahreskosten von Unterdruckentwässerungssystemen

Abbildung 3.4 zeigt, dass in Abhängigkeit der Größe des Unterdrucknetzes jährliche Kosten für Kapitaldienst und Betrieb der Anlagen von 128 bis 230 € je Einwohner entstehen. Es ist zu erkennen, dass Unterdruckentwässerungssysteme besonders bei etwas größeren Netzen, z.B. ab 50 Hausanschlüssen, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Alternative zu anderen Systemen darstellen. Bei sehr kleinen Netzen oder beim Anschluss einzelner Häuser bzw. Gehöfte im Außenbereich ist die Unterdruckentwässerung aufgrund der hohen Kosten für die Unterdruckstation in der Regel unwirtschaftlich.

Zur Erfassung der gesamten Kosten für die Ableitung und Behandlung des Abwassers sind die Kapital- und Betriebskosten der weiterführenden Kanalisation sowie der Abwasserreinigungsanlage, in die das Abwasser eingeleitet wird, hinzuzurechnen.

3.1.3 Zusammenfassung: Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme

Wesentliche Ergebnisse sind:

- Kostenangaben in der Fachliteratur und Angebotskosten von Anlagenherstellern und -lieferanten liegen im Bereich der Kosten, wie sie beim Anlagenbetrieb effektiv anfallen.
- Im Vergleich zwischen Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen ergeben sich Kostenvorteile für die Druckentwässerung bei relativ kurzen Sammelleitungslängen je Hausanschluss und bei einer verhältnismäßig geringen Anzahl von Hausanschlüssen
- Die durch die Anschlußnehmer durchgeführten Wartungen beschränken sich i. d. R. auf Sichtkontrollen sowie Reinigung der Oberflächen des Schachtes und der Pumpe(n).
- Im allgemeinen wurde seitens der Kommunen und der Anschlußnehmer dem Entwässerungssystem eine große Zuverlässigkeit und Anwenderfreundlichkeit zugesprochen. Geringfügige Probleme fielen meistens nur während der ersten Betriebszeit an.
- Im Rahmen der Untersuchung wurde von den Kommunen i. d. R. empfohlen, die von einer Baumaßnahme betroffenen Anschlußnehmer frühzeitig zu informieren und ggf. in die Anlagenerstellung mit einzubeziehen.
- Bei der Errichtung von Druck- und Unterdruckentwässerungen sollten vorhandene Kleinkläranlagen und deren baulicher Zustand berücksichtigt werden; ggf. können die Kleinkläranlagen zunächst weiter genutzt und den Anschlussnehmern entsprechende Anschlussfristen an das Entwässerungssystem eingeräumt werden.

3.2 Kosten der Kleinkläranlagen

Für die Ermittlung der Kosten von Kleinkläranlagensystemen war die Festlegung bestimmter Anlagengrößen und Rahmenbedingungen erforderlich, die in der folgenden Tabelle zusammengefasst sind.

Tab. 3.7: Grundlagen der Kostenermittlung - Kleinkläranlagen

Kleinkläranlagen
<p><u>Hersteller- und Betreiberbefragung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 m Gefälleleitung (DN 150 PVC) – Mittelwert der Betreiberbefragung • Rohrleitungen in Grabenbauweise verlegt • Betriebsfähiges System mit Mehrkammergrube, Kleinkläranlage mit/ohne Abwasserbelüftung inkl. Probenahmeschächte; bei Untergrundverrieselungs-, Filtergraben- und Pflanzenanlagen sind zudem Verteilerschächte enthalten • Auswahl der preisgünstigsten Anlagenvariante • Einwohnerspezifische Kosten auf die Auslegungsgröße bezogen • Investitionskostenangaben enthalten sämtliche Kosten: Material, Erd-, Liefer-, Ablade-, Verlege-/Montier- und Oberflächenarbeiten. Zudem sind 16 % Mehrwertsteuer, Planungskosten sowie die Gebühren für die Anlagengenehmigung und Einleiterlaubnis enthalten.

3.2.1 Investitionskosten

Ergebnisse der Herstellerbefragung:

Basierend auf den Mittelwerten der Herstellerbefragungen werden in der folgenden Tabelle Gesamt- und einwohnerspezifische Investitionskosten von Kleinkläranlagen inkl. Vorreinigungssysteme dargestellt. Die in der 1996 durchgeführten Untersuchung [LOHSE et al., 1996] genannten Kosten wurden durch eine erneut durchgeführte Herstellerbefragung auf den Stand September 2000 aktualisiert. Die allgemeine Kostenentwicklung (1996 zu 2000), die als Grundlage für die Aktualisierung der Betreiberbefragung dient, ist im Anhang A5 ersichtlich.

Tab. 3.8: Investitionskosten von Kleinkläranlagen (Herstellerbefragung)

anlagen- und einwohnerspezifische Investitionskosten (Mittelwerte) ¹⁾								
Anlagen- größe	Untergrundverriese- lungsanlage		Filtergrabenanlage		Pflanzenanlage		Teichanlage	
	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]
4 bis 5 E	7.050	1.570	7.110	1.580	7.290	1.620	6.270	1.390
6 bis 7 E	8.170	1.260	8.390	1.290	8.450	1.300	6.900	1.060
8 bis 10 E	9.900	1.100	10.650	1.180	9.050	1.010	12.540	900
12 bis 16 E	-	-	-	-	11.140	800	-	-
Anlagen- größe	Filterkörperanlage		Tropfkörperanlage		Tauchkörperanlage		SBR-Anlage	
	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]
4 bis 5 E	7.700	1.710	8.670	1.930	7.490	1.670	7.500	1.670
6 bis 7 E	8.380	1.290	8.890	1.370	7.760	1.190	7.290	1.120
8 bis 10 E	-	-	9.160	1.020	8.170	910	8.180	910
12 bis 16 E	-	-	10.470	750	9.360	670	9.440	670

1) Inkl. Honorare, Gebühren, 16 % Mehrwertsteuer sowie sämtlicher Material- und Arbeitsaufwendungen

KKA: Kleinkläranlage

Ergebnisse der Betreiberbefragung:

Die Datenbasis entstammt von 156 Anlagen, die von August 1995 bis Juni 1996 besucht wurden. Von 118 der besuchten Anlagen konnten die Daten ausgewertet werden. In allen Fällen handelt es sich um Kleinkläranlagen, die den derzeitigen anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Soweit Eigenleistungen seitens der Betreiber erbracht worden sind, haben sie zur Verminderung der Herstellungskosten geführt.

Mit den aus der erneut durchgeführten Herstellerbefragung im September 2000 ermittelten Preisänderungen (s. Anhang A5) wurden die Kosten der Betreiberbefragung aktualisiert.

Tab. 3.9: Investitionskosten von Kleinkläranlagen (Betreiberbefragung)

anlagen- und einwohnerspezifische Investitionskosten ^{1) 2)}								
Bemerkung	Untergrundverrieselungsanlage		Filtergrabenanlage		Pflanzenanlage		Teichanlage	
	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]
4 bis 5 E								
Min.	2.980	660	3.600	800	3.630	810	2.950	660
Mittel.	3.540	790	4.620	1.030	5.740	1.270	4.780	1.060
Max.	3.950	880	5.460	1.210	7.300	1.620	6.670	1.480
6 bis 7 E								
Min.	3.010	460	4.890	750	3.580	550	2.320	360
Mittel.	4.300	660	6.090	940	4.320	660	3.680	570
Max.	5.680	870	7.760	1.190	5.870	900	5.470	840
8 bis 10 E								
Min.	3.940	440	4.490	500	4.410	490	3.450	380
Mittel.	4.650	520	5.830	650	6.550	730	5.230	580
Max.	5.380	600	7.280	810	11.900	1.320	7.750	860
12 bis 16 E								
Min.					8.530	610		
Mittel.					9.040	650		
Max.					9.800	700		
Filterkörperanlage Tropfkörperanlage Tauchkörperanlage SBR-Anlage								
Bemerkung	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]	[€/KKA]	[€/E]
	4 bis 5 E							
Min.	5.320	1.180	5.180	1.150	4.870	1.080	6.670	1480
Mittel.	5.920	1.320	7.350	1.630	6.060	1.350	7.090	1570
Max.	6.810	1.510	8.360	1.860	7.420	1.650	7.500	1670
6 bis 7 E								
Min.	4.950	760	5.720	880	6.020	930	6.490	1000
Mittel.	6.430	990	8.120	1.250	7.490	1.150	6.890	1060
Max.	7.120	1.100	9.230	1.420	9.170	1.410	7.290	1120
8 bis 10 E								
Min.			4.680	520	5.410	600	7.280	810
Mittel.			6.650	740	6.730	750	7.730	860
Max.			7.550	840	8.240	920	8.180	910
12 bis 16 E								
Min.			6.940	500	7.620	540	8.410	600
Mittel.			8.520	610	9.200	660	8.920	640
Max.			9.380	670	10.790	770	9.440	670

1) Inkl. Honorare, Gebühren, 16 % Mehrwertsteuer sowie sämtlicher Material- und Arbeitsaufwendungen

2) Eigenleistungen der Betreiber können zur Verminderung der Herstellungskosten führen

Teichanlagen: Preisänderung (1996 bis 2000) von Pflanzenkläranlagen mit 1,6 % angesetzt

SBR-Anlage: Unter Berücksichtigung der bei vergleichbaren Anlagen (z. B. Tropfkörper) erbrachten Eigenleistungen wurden die tatsächlich entstehenden Kosten aus den Daten der Herstellerbefragung abgeschätzt.

KKA: Kleinkläranlage

Zusammenfassung:

Die folgende Abbildung zeigt die im Rahmen der Betreiber- und Herstellerbefragung ermittelten Investitionskosten. Die Angaben der Betreiber- und Herstellerbefragung enthalten die Kosten für das Liefern und Verlegen von durchschnittlich 30 m Rohrleitung (inkl. Erdarbeiten), die mechanische Vorreinigung, alle erforderlichen Schächte, die biologische Reinigungsstufe, Honorare, Genehmigungskosten und Mehrwertsteuer. Soweit Eigenleistungen erbracht worden sind, haben sie zur Verminderung der Herstellungskosten geführt. Die Kosten beziehen sich auf die Bemessung der Anlagen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der tatsächliche Anschlussgrad mit durchschnittlich 70 % deutlich niedriger als bei der Anlagenbemessung ist.

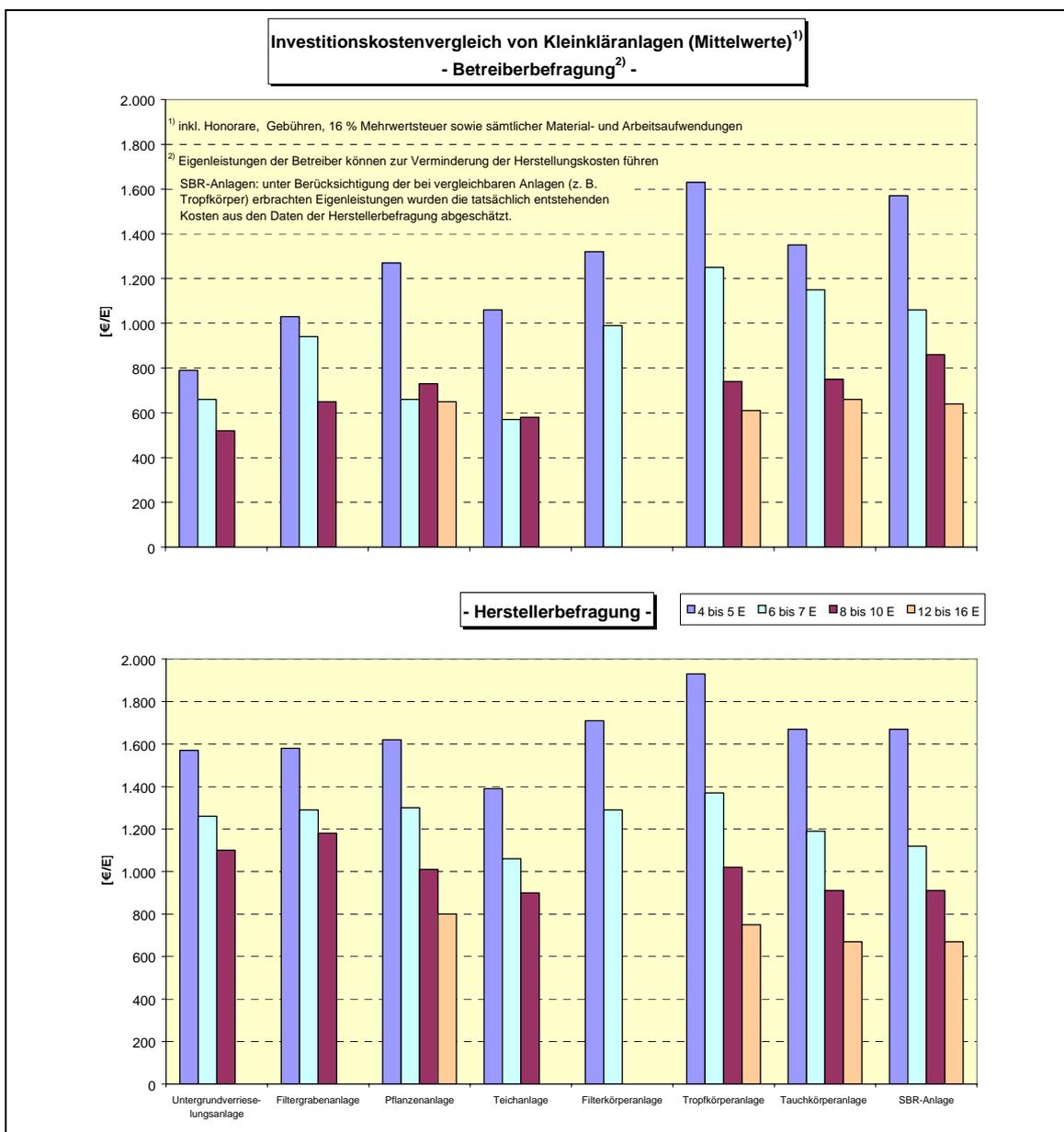


Abb. 3.5: Spezifische Investitionskosten von Kleinkläranlagen im Vergleich

Bei den kleinen Anlagen (4 bis 7 E) ergab die Betreiberbefragung, dass die Anlagen mit Untergrundverrieselung oder Teich durchschnittlich am kostengünstigsten hergestellt worden sind. Die Anlagen mit den höchsten spezifischen Investitionskosten waren Anlagen mit Tropfkörpern.

Wie bei den kleinen Anlagen hat die Betreiberbefragung auch für die größeren Anlagen (8 bis 16 E) gezeigt, dass Untergrundverrieselungen und Teiche die kostengünstigsten Systeme sind. Untergrundverrieselungen werden bei Anlagen mit einem größeren Anschlusswert als 8 E allerdings nur in Ausnahmefällen ausgeführt. Teiche werden auch bei deutlich größeren Anschlusswerten hergestellt. Bei der Betreiberbefragung [LOHSE et al., 1996] wurden allerdings überwiegend Teiche mit Anschlusswerten bis 10 E angetroffen. Die höchsten spezifischen Investitionskosten wurden bei den technischen Verfahren festgestellt.

Es ist zu beachten, dass die genannten SBR-Kosten der Betreiberbefragung aus den Kosten der Herstellerbefragung unter Berücksichtigung der möglichen Eigenleistung von Betreibern bei der Herstellung der Anlagen (Ansatz wie bei Tropfkörpern mit 11 %) abgeleitet wurden.

Es wird zuweilen kontrovers diskutiert, ob den Investitionskosten Grundstückskosten zuzuschlagen sind, wie es betriebswirtschaftlich geboten ist. Die Befragung der Kleinkläranlagenbetreiber zeigte, dass die benötigte Grundstücksfläche bei Kostenbetrachtungen ohne Belang ist. Im allgemeinen sind die Grundstücke in Außenbereichen deutlich größer als in dichter bebauten Gebieten. Die Wahl des Kleinkläranlagentyps wird u. a. gemäß der vorhandenen Grundstücksfläche ausgewählt. Niemand erwirbt ein größeres Grundstück, um darauf einen bestimmten Kleinkläranlagentyp mit größerem Flächenbedarf zu errichten. Die Grundstückskosten sind deshalb in den o. g. Investitionskosten nicht enthalten. Sollten die Grundstückskosten für eine Entscheidung von Bedeutung sein, so sind bei einem spezifischen Grundstückspreis von 25 €/m² die Kosten beispielhaft für einige Anlagentypen der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 3.10: Flächenbedarf und Grundstückskosten von Kleinkläranlagen (Bsp.)

Bemerkung	Untergrundver- rieselungsanlage	Filtergraben- anlage	Pflanzen- anlage	Teichanlage	Filterkörper- anlage	Tropfkörper- anlage	SBR- und Tauchkörper- anlage
Flächenbedarf [m ²]							
4 E	100	30	40	100	20	-	-
6 E	160	50	60	140	20	-	-
8 E	220	60	70	170	-	20	20
12 E	-	-	90	240	-	20	20
Grundstückskosten mit 25 €/m ² [€]							
4 E	2.500	750	1.000	2.500	500	-	-
6 E	4.000	1.250	1.500	3.500	500	-	-
8 E	5.500	1.500	1.750	4.250	-	500	500
12 E	-	-	2.250	6.000	-	500	500
Spez. Grundstückskosten mit 25 €/m ² [€/E]							
4 E	625	188	250	625	125	-	-
6 E	667	208	250	583	83	-	-
8 E	688	188	219	531	-	63	63
12 E	-	-	188	500	-	42	42

3.2.2 Betriebskosten

In Abhängigkeit vom Reinigungssystem können die Betriebskosten einen wesentlichen Anteil an den Gesamtkosten der Abwasserreinigung in Kleinkläranlagen betragen. Die Betriebskosten lassen sich aufteilen in:

1. Kosten für die Eigenüberwachung der Anlage (Funktionskontrolle)
2. Energiekosten
3. Kosten für im Rahmen der Selbstüberwachung erforderliche Untersuchungen
4. Wartungskosten
5. Kosten für die Fäkalschlammentsorgung

Der Betrieb einer Kleinkläranlage umfasst die ständige Überwachung (Funktionskontrolle) und die Wartung der Anlage. Unter der **Funktionskontrolle** werden die vom Betreiber in regelmäßigen Zeitabständen durchzuführenden Beobachtungen der Anlage verstanden, wofür in der Regel keine Betriebskosten anfallen.

Die Betriebskosten sind bei den jeweiligen Anlagentypen sehr unterschiedlich. So bilden bei den technisierteren Anlagen (Tropfkörper, Tauchkörper, SBR-Anlagen) die **Energiekosten** einen maßgeblichen Beitrag an den Betriebskosten, während bei den übrigen Anlagentypen (Untergrundverrieselung, Filtergraben, Pflanzenanlage, Teichanlage, Filterkörper) Energiekosten nur durch eine eventuell erforderliche Pumpe anfallen.

Inwieweit Kosten für im Rahmen der **Selbstüberwachung** erforderliche Untersuchungen anfallen, ist von den Anforderungen der jeweils zuständigen Genehmigungsbehörden

de abhängig. Die Unteren Wasserbehörden der Kreise und kreisfreien Städte, mit denen die Untersuchung von LOHSE et al. [1996] in Zusammenarbeit durchgeführt wurde, stellten keine Anforderungen hinsichtlich der Selbstüberwachung beim Betrieb von Kleinkläranlagen. Lediglich bei Pflanzenanlagen werden während der ersten zwei Betriebsjahre zweimal jährlich eine CSB-Bestimmung gefordert. Kosten für die Selbstüberwachung der Anlagen werden im Folgenden trotzdem bei Pflanzenanlagen, Teichanlagen, Tropf- und Tauchkörperanlagen sowie SBR-Anlagen angesetzt (2 CSB-DIN-Analysen pro Jahr mit 50 €/Stück inkl. Mehrwertsteuer und Anfahrt). Bei den anderen Anlagentypen wurden keine Kosten für die Selbstüberwachung berücksichtigt, da bei diesen eine Beeinflussung der Reinigungsleistung durch den Betrieb der Anlage nur sehr bedingt gegeben ist.

Bei den **Wartungskosten** wurde bei den technisierteren Anlagen (z. B. Tropfkörper- und Tauchkörperanlagen) eine **zweimalige** Wartung pro Jahr (350 €/a) und bei den anderen Anlagentypen eine **einmalige** Wartung pro Jahr (175 €/a) angesetzt (Daten der Herstellerbefragung 2000 inkl. Mehrwertsteuer und Anfahrt).

Zur Ermittlung der **Entsorgungskosten für Fäkalschlamm** werden angesetzt:

- bei Kleinkläranlagen mit Untergrundverrieselung, Filtergraben, Pflanzenbeet, Teich, Filterkörper: 0,65 l(E · d)
- bei Kleinkläranlagen mit Tropfkörper, SBR-Stufe: 0,95 l(E · d)
- bei Kleinkläranlagen mit Tauchkörper: 0,85 l(E · d)

Dabei wird berücksichtigt, dass bei der Entleerung der Mehrkammergrube in etwa die gleiche Menge Überstandswasser zusätzlich mitabgeführt wird. Die Entsorgungskosten werden mit 20 €/m³ angesetzt. In der Praxis werden Kostenreduzierungen durch Eigenleistungen einiger Betreiber bewirkt (bei landwirtschaftlichen Betrieben).

Tab. 3.11: Betriebskosten von Kleinkläranlagen (inkl. Mehrwertsteuer)

Anlagengröße	Fäkalschlamm- entsorgung	Wartung (durch Dritte)	Energie (0,15 €/kWh inkl. MwSt.)	Selbstüberwachung (2 CSB nach DIN/a)	Gesamt
[E]	[€/(E · a)]	[€/(E · a)]	[€/(E · a)]	[€/(E · a)]	[€/(E · a)]
Untergrundverrieselungsanlage^{1) 4)}					
4 bis 5	10	43	-	-	54
6 bis 7	10	30	-	-	40
8 bis 10	10	22	-	-	32
Filtergrabenanlage^{1) 4)}					
4 bis 5	10	43	-	-	54
6 bis 7	10	30	-	-	40
8 bis 10	10	22	-	-	32
Pflanzenanlage^{1) 5)}					
4 bis 5	10	45	-	22	77
6 bis 7	10	31	-	15	56
8 bis 10	10	22	-	11	44
12 bis 16	10	14	-	7	32
Teichanlage^{1) 5)}					
4 bis 5	10	45	-	22	77
6 bis 7	10	31	-	15	56
8 bis 10	10	22	-	11	44
Filterkörperanlage^{1) 6)}					
4 bis 5	10	47	0,41	-	58
6 bis 7	10	33	0,41	-	43
Tropfkörperanlage^{2) 7)}					
4 bis 5	14	101	4,2	22	141
6 bis 7	14	70	4,2	15	103
8 bis 10	14	50	4,2	11	80
12 bis 16	14	32	4,2	7,1	58
Tauchkörperanlage^{3) 7)}					
4 bis 5	13	101	23	22	159
6 bis 7	13	70	16	15	114
8 bis 10	13	50	12	11	86
12 bis 16	13	32	8,2	7,1	60
SBR-Anlage^{2) 7)}					
4 bis 5	14	101	12	22	149
6 bis 7	14	70	11	15	111
8 bis 10	14	50	10	11	86
12 bis 16	14	32	10	7,1	63

Fäkalschlamm-entsorgung: Eigenleistungen der Betreiber können hier zur geringfügigen Verringerung der Kosten führen

1) bei 0,65 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20 €/m³

2) bei 0,95 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20 €/m³

3) bei 0,85 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20 €/m³

4) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 20 €/a Reparaturkosten

5) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 25 €/a Reparaturkosten

6) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 40 €/a Reparaturkosten

7) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 350 €/a (zweimalige Wartung) zzgl. 100 €/a Reparaturkosten

CSB-DIN-Analyse: 50 €/Stück

3.2.3 Jahreskosten

Die Berechnung der Jahreskosten erfolgte in Anlehnung an die LAWA-Leitlinien [1998]. Der reale Zinssatz wird mit 3 % angesetzt, die Abschreibungszeit mit 15 Jahren für die Bauteile bzw. 7,5 Jahre für die Maschinenteile. Der Anteil der Maschinenteknik beträgt bei Tropf-, Tauchkörper- und SBR-Anlagen im Mittel ca. 15 %. Bei Kleinkläranlagen mit Untergrundverrieselung, Filtergraben, Filterkörper, Pflanzenbeet oder Teich werden keine Kosten für Maschinenteknik angesetzt. Im Falle, dass ebenfalls Eigenleistungen bei der Erstellung der Kleinkläranlagen erbracht worden sind, haben diese zur Verminderung der Herstellungskosten (Betreiberbefragung) geführt.

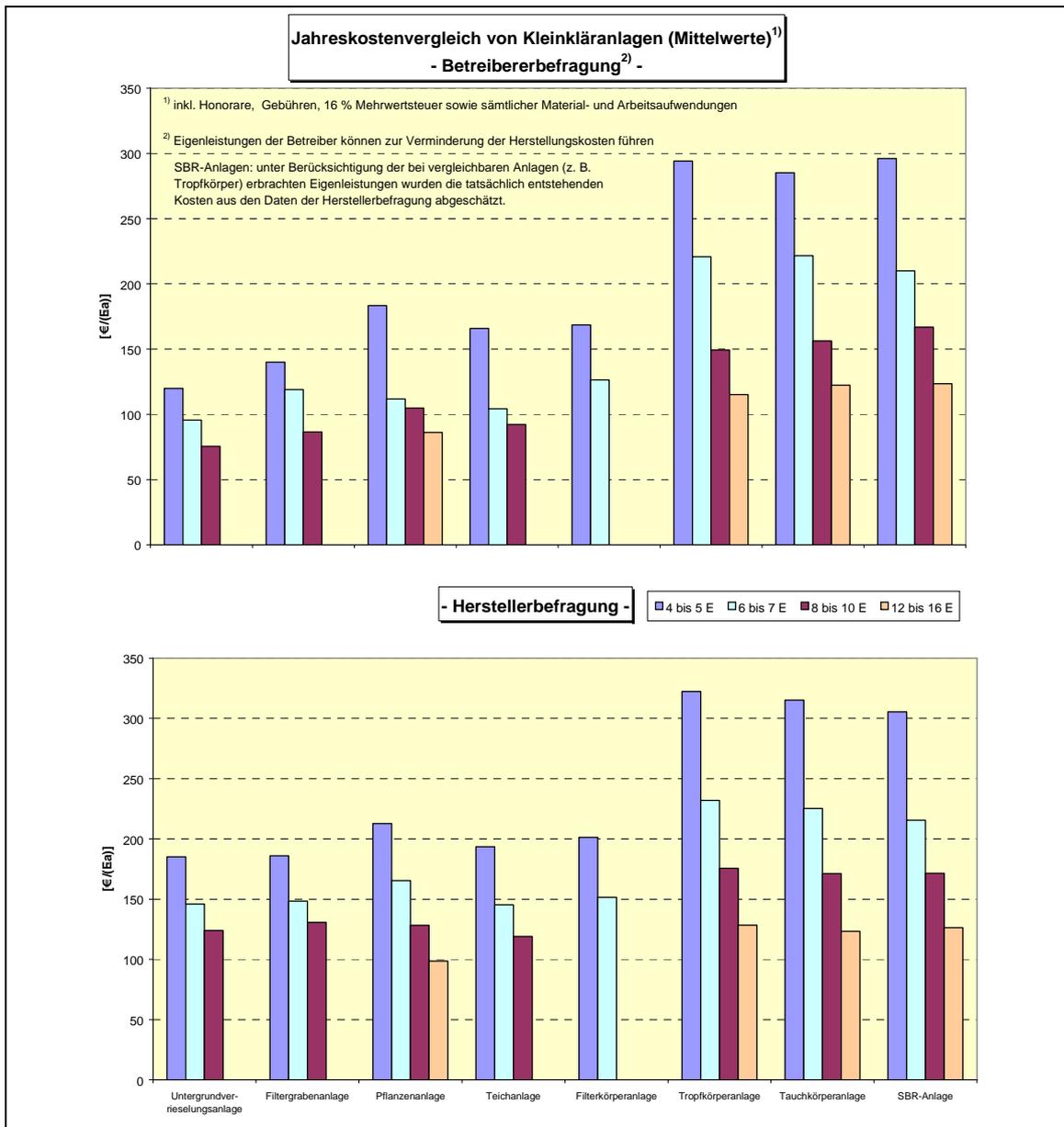


Abb. 3.6: Jahreskosten von Kleinkläranlagen

Tab. 3.12: Kosten von Kleinkläranlagen (ohne Grundstückskosten)

Kleinkläranlage mit	Herstellerbefragung			Betreiberbefragung		
	(Mittelwert)			(Mittelwert)		
	Investitionskosten [€/E]	Betriebskosten [€/(E · a)]	Jahreskosten ⁹⁾ [€/(E · a)]	Investitionskosten ⁸⁾ [€/E]	Betriebskosten [€/(E · a)]	Jahreskosten ⁹⁾ [€/(E · a)]
Untergrundverrieselungsanlage^{1) 4)}						
4 bis 5 E	1.570	54	185	790	54	120
6 bis 7 E	1.260	40	146	660	40	96
8 bis 10 E	1.100	32	124	520	32	76
Filtergrabenanlage^{1) 4)}						
4 bis 5 E	1.580	54	186	1.030	54	140
6 bis 7 E	1.290	40	148	940	40	119
8 bis 10 E	1.180	32	131	650	32	86
Pflanzenanlage^{1) 5)}						
4 bis 5 E	1.620	77	213	1.270	77	183
6 bis 7 E	1.300	56	165	660	56	112
8 bis 10 E	1.010	44	128	730	44	105
12 bis 16 E	800	32	99	650	32	86
Teichanlage^{1) 5)}						
4 bis 5 E	1.390	77	193	1.060	77	166
6 bis 7 E	1.060	56	145	570	56	104
8 bis 10 E	900	44	119	580	44	92
Filterkörperanlage^{1) 6)}						
4 bis 5 E	1.710	58	201	1.320	58	169
6 bis 7 E	1.290	43	152	990	43	126
Tropfkörperanlage^{2) 7)}						
4 bis 5 E	1.930	141	322	1.630	141	294
6 bis 7 E	1.370	103	232	1.250	103	221
8 bis 10 E	1.020	80	176	740	80	149
12 bis 16 E	750	58	128	610	58	115
Tauchkörperanlage^{3) 7)}						
4 bis 5 E	1.670	159	315	1.350	159	285
6 bis 7 E	1.190	114	225	1.150	114	222
8 bis 10 E	910	86	171	750	86	156
12 bis 16 E	670	60	123	660	60	122
SBR-Anlage^{2) 7)}						
4 bis 5 E	1.670	149	306	1.570	149	296
6 bis 7 E	1.120	111	216	1.060	111	210
8 bis 10 E	910	86	172	860	86	167
12 bis 16 E	670	63	126	640	63	123

1) bei 0,65 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20 €/m³

2) bei 0,95 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20 €/m³

3) bei 0,85 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20 €/m³

4) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 20 €/a Reparaturkosten

5) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 25 €/a Reparaturkosten

6) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 40 €/a Reparaturkosten

7) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 350 €/a (zweimalige Wartung) zzgl. 100 €/a Reparaturkosten

8) Erbrachte Eigenleistungen der Betreiber führen zur Verminderung der Herstellungskosten

9) Zinssatz: 3 %; Maschineteile: 7,5 a; Bauteile: 15 a

SBR-Anlage: Keine Betreiberbefragung durchgeführt; abgeleitet aus Herstellerbefragung und Anteil möglicher Eigenleistungen

3.2.4 Zusammenfassung: Kleinkläranlagen

Die wesentlichen Ergebnisse sind:

- Im Durchschnitt aller Kleinkläranlagen (KKA) liegt der Anschlussgrad für die bis zu 6 Jahren alten Anlagen bei 70 %.
- Kostenangaben in der Fachliteratur und Angebotskosten von Anlagenanbietern liegen teilweise erheblich über den Kosten, wie sie bei der Anlagenherstellung und beim Anlagenbetrieb effektiv anfallen.
- Die höchsten Investitionskosten wurden im Mittel für technische Systeme sowie für KKA mit Pflanzenstufe, die geringsten für KKA mit Untergrundverrieselung oder Teich gefunden.
- Der größere Flächenverbrauch für die naturnahen Anlagentypen Teich-, Pflanzen- und unterirdische Anlagen wird von den Betreibern i.a. als nicht relevant angesehen, weil die Grundstücke überwiegend ausreichend groß sind.
- Die höchsten Betriebskosten fallen im Mittel bei KKA mit Tropf- und Tauchkörper sowie bei SBR-Anlagen, die geringsten für KKA mit Untergrundverrieselung und Filtergraben an.
- Bei der Fäkalschlammausfuhr bringen im Mittel der untersuchten KKA etwa 50 % der Betreiber ihren Fäkalschlamm selbst aus, d.h., es handelt sich um landwirtschaftliche Betriebe. Der höchste Anteil an der Selbstausfuhr wurde für KKA mit Teichen (etwa 70 % der Anlagen), der geringste für KKA mit Filterkörpern (etwa 25 % der Anlagen) gefunden.

3.3 Einwohnerspezifische Kosten von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen sowie von Kleinkläranlagen im Vergleich

In diesem Kapitel erfolgt ein Vergleich der einwohnerspezifischen Investitions- und Jahreskosten der Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme sowie der Kleinkläranlagen. Als Vergleichsbasis dienen die gemittelten Daten der jeweiligen **Betreiberbefragungen**.

Da in der Praxis keine direkt miteinander vergleichbaren **Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme** vorgefunden wurden, war es für den Vergleich erforderlich, Entwässerungssysteme zu definieren. Es wurden folgende Systemgrößen festgelegt (HAS: Hausanschluss; SAL: (Unterdruck-)Sammelleitung):

- 15 Hausanschlüsse mit 100 m SAL/HAS
- 20 Hausanschlüsse mit 50 m SAL/HAS
- 50 Hausanschlüsse mit 40 m SAL/HAS
- 100 Hausanschlüsse mit 30 m SAL/HAS
- 250 Hausanschlüsse mit 20 m SAL/HAS

Mit den jeweiligen mittleren Kosten der beiden Entwässerungssysteme wurden die Investitionskosten und – unter Berücksichtigung der spezifischen Betriebskosten – die Jahreskosten berechnet. Im Kostenumfang sind Hausanschlussschächte mit 5 Einwohnerwerten pro Hausanschluss und entsprechende Druckluftstationen enthalten. Bei der Kostenberechnung für die Unterdruckentwässerungssysteme wurden ebenfalls die standardmäßigen Schächte und jeweils eine Unterdruckstation angesetzt.

Zudem werden die Investitions- und Jahreskosten zwei ausgewählter **Kleinkläranlagenverfahren** angegeben:

- a) technisches Verfahren: Tropfkörperanlage für 8 Einwohnerwerte
- b) naturnahes Verfahren: Pflanzenanlage für 8 Einwohnerwerte

Die Bestandteile der Verfahren sind dem Kapitel 3.2 zu entnehmen. Da in der Praxis der Einwohneranschlussgrad einer Anlage i. d. R. unterhalb des Auslegungswertes liegt, werden die in Kapitel 3.3 dargestellten anlagenspezifischen Investitionen [€/KKA] auf die tatsächlich angeschlossenen Einwohner bezogen. Die Betreiberbefragung ergab einen Anschlussgrad von 70 %. Orientiert an den Untersuchungsergebnissen bzgl. Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen mit 5 Einwohnern je Hausanschluss werden somit Kosten einer 8 E-Anlage auf 5 Einwohner umgerechnet.

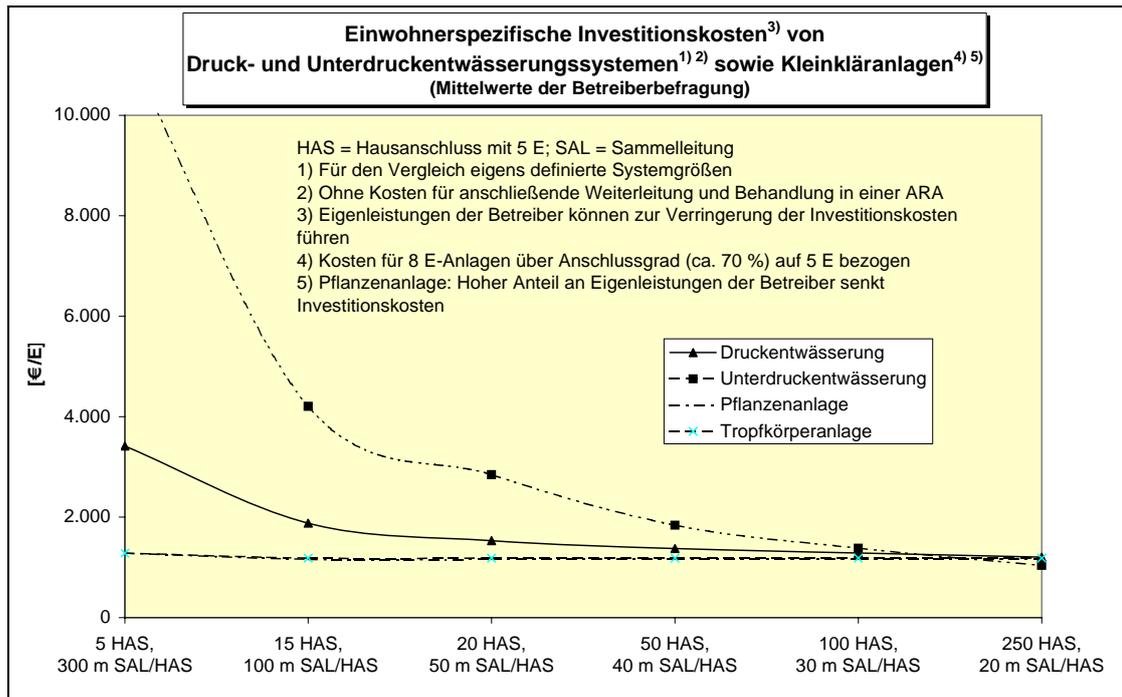


Abb. 3.7: Einwohnerspezifische Investitionskosten von Druck-, Unterdruckentwässerungssystemen und Kleinkläranlagen bei einem Grundstücks-Anschlusswert von 8 E (Planung) und 70 % Auslastung

Die Abbildung zeigt, dass bei der **Unterdruckentwässerung** die einwohnerspezifischen **Investitionskosten** im Vergleich zur **Druckentwässerung** mit ansteigender Netzdichte deutlich sinken. Der Schnittpunkt liegt im Bereich von 30 m Sammelleitung pro Hausanschluss und einer mittleren Systemgröße von ca. 100 Hausanschlüssen. In den Investitionskosten der Druck- und Unterdruckentwässerung sind keine Aufwendungen für die Weiterleitung in der Kanalisation und Mitbehandlung in einer Abwasserreinigungsanlage enthalten.

Die Investitionskosten der **Kleinkläranlagen** mit Pflanzenbeet und Tropfkörper liegen mit ca. 1.200 €/E (Daten der Betreiberbefragung) unterhalb der einwohnerspezifischen Kosten der Druck- und Unterdruckentwässerungssysteme, wobei hier bereits alle Investitionskosten enthalten sind.

In der nachstehenden Abbildung sind die jeweiligen **Jahreskosten** (verkapitalisierte Investitionskosten und Betriebskosten) der Systeme dargestellt. Bei den **Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen** stellt sich in etwa die gleiche Verhältnismäßigkeit wie bei den Investitionskosten ein.

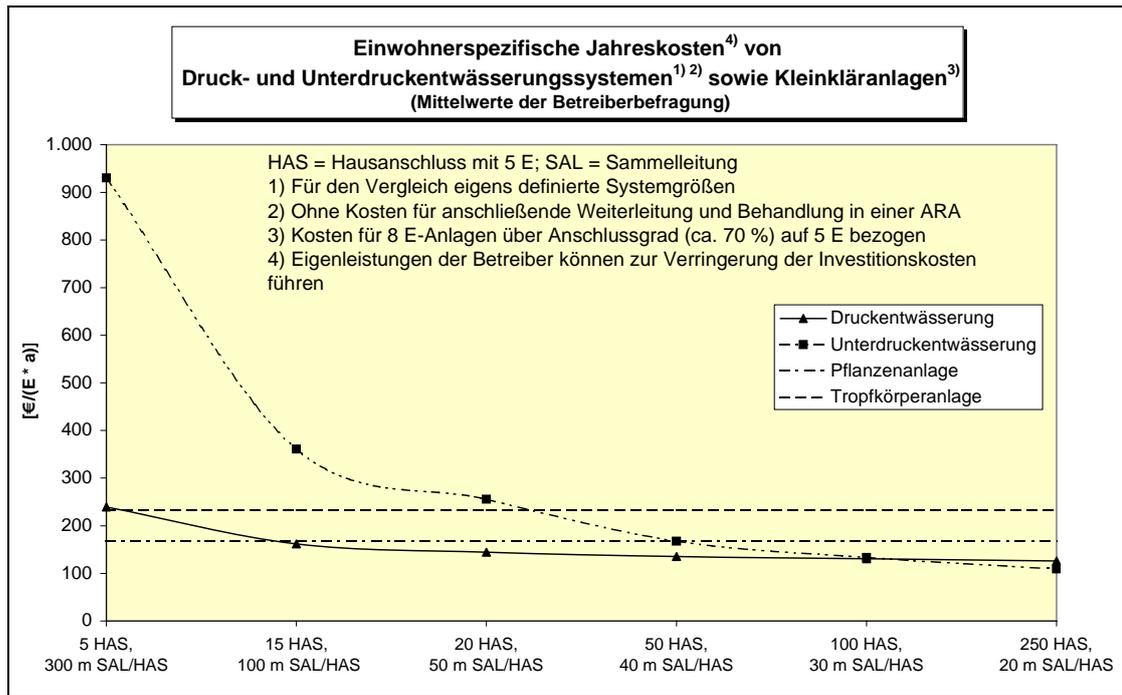


Abb. 3.8: Einwohnerspezifische Jahreskosten von Druck-, Unterdruckentwässerungssystemen und Kleinkläranlagen

Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die spezifischen Jahreskosten der zwei betrachteten **Kleinkläranlagentypen** deutlich voneinander. So liegen die Jahreskosten einer Tropfkörperanlage bei 230 €/E und einer Pflanzenanlage bei 170 €/E. Ein Grund sind die wesentlich höheren Betriebskosten der Tropfkörperanlage; neben den höheren Energieaufwendungen ist insbesondere die doppelte Anzahl an Wartungen durch Dritte ausschlaggebend für diesen Unterschied.

Das wirtschaftliche Verhältnis von Druck- und Unterdruckentwässerungen zu Kleinkläranlagen verschiebt sich bei der Auswertung der Jahreskosten im Vergleich zu den reinen Investitionskosten zu Gunsten der Druck- und Unterdruckentwässerungen. Es wird deutlich, dass mit abnehmender Anschlussdichte ein Einsatz von Kleinkläranlagen gegenüber den Druck- und Unterdruckentwässerungen wirtschaftlicher wird. Ein **Jahreskostenvergleich** von **Kleinkläranlagen** und **Druckentwässerungen** ergibt, dass bei **Sammelleitungslängen** von je nach Kleinkläranlagen-System **größer 150 bis 300 m** je Hausanschluss die **Kleinkläranlagen** die **kostengünstigere** Variante darstellen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei den **Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen** keine **Aufwendungen für das Weiterleiten des Abwassers und Behandeln** in einer ARA enthalten sind. Diese sind bei einem für den Einzelfall durchzuführenden Wirtschaftlichkeitsvergleich **hinzuzurechnen**. Im Gegensatz dazu fallen bei den **Kleinkläranlagen keine weiteren Kosten** an.

Die dargestellten Kostentendenzen können als erste Orientierungshilfe bei einer Entscheidungsfindung dienen. Jedoch ist für die konkrete Umsetzung in die Praxis eine Überprüfung der Rahmenbedingungen vor Ort immer erforderlich, damit kostenentscheidende Faktoren wie z. B. Art der Rohrverlegung, Anzahl der Druckluft bzw. Unterdruckstationen, zukünftige Entwicklung des zu erschließenden Gebietes (Netzdichte), Bodeneigenschaften, etc. mit berücksichtigt werden.

3.4 Eigenleistungen der Betreiber

Bei der Befragung der Anschlussnehmer bzw. der Kleinkläranlagenbetreiber hat sich herausgestellt, dass in einigen Fällen Eigenleistungen bei der Errichtung und Wartung des Entwässerungssystems erbracht worden sind.

Bei den **Druckentwässerungssystemen** erfolgen die Eigenleistungen der Anschlussnehmer bei der Errichtung wie folgt:

- **Gefällezuleitungen**
Bei etwa 70 % der besuchten Anlagen wurden die Rohrleitungen teilweise mit Einbringung von Eigenleistungen verlegt. Die Eigenleistung bestand aus Erd- und Oberflächenarbeiten und ggf. Verlegen der Leitung.
- **Hausanschlussdruckleitung**
Die Rohrleitungen wurden bei etwa 40 % der Anlagen mit Einbringung von Eigenleistungen verlegt, diese bestanden aus Erd- und Oberflächen- und ggf. Verlegearbeiten.
- **Sammelschacht mit Pumpe**
Bei der Mehrheit der Anschlussnehmer beschränkten sich die Eigenleistungen auf Oberflächenarbeiten, den Aushub der Baugrube und das Verlegen der Stromversorgungsleitung. Von den befragten Anschlussnehmern haben 30 % Eigenleistungen erbracht. Für die Installation und Inbetriebnahme der Pumpe wurde i. d. R. ein Monteur beauftragt. Die Aufstellung der Steuerung erfolgte i. d. R. innerhalb eines vorhandenen Gebäudes; durchschnittliche Entfernung: 20 m.
- **Wartungsarbeiten**
Die Wartungsarbeiten an den Pumpstationen erfolgten in Form von Sichtkontrollen und Reinigung der Oberflächen; in einigen wenigen Fällen wurde alle zwei Jahre ein Ölwechsel durchgeführt.

Durch den direkten Vergleich der Herstellungs- und Betriebskosten mit und ohne Eigenleistung der Anschlussnehmer ist zudem aus den Daten der Betreiberbefragung ersichtlich, dass bzgl. der Investitionskosten das maximale Einbringen von Eigenleistungen im Bereich der Hausanschlüsse seitens der Anschlussnehmer – im Gegensatz

zu den Kosten ohne Eigenleistung – finanzielle Einsparungen von bis zu 35 %/E (entspricht ca. 630 €/E) ermöglicht. Bezogen auf die Jahreskosten, verbunden mit Eigenleistungen bei der Herstellung und beim Betrieb, ist eine Einsparung von im Mittel 45 % (ca. 56 €/E · a) möglich. Dabei ist zu beachten, dass Installations-, Wartungs- und Überwachungsarbeiten gewissenhaft und in den vorgegebenen Abständen durchzuführen sind, um die Funktionsfähigkeit der Anlage über längere Zeiträume zu gewährleisten. Die Konsequenzen eines Anlagenversagens hat direkt der Anschlussnehmer zu tragen, da eine Förderung des Abwassers vom Grundstück bei einem Störfall nicht mehr erfolgt.

Das Erbringen von Eigenleistungen der Anschlussnehmer bei **Unterdruckentwässerungssystemen** beschränkt sich i. d. R. auf die Verlegearbeiten bei der Gefällezuleitung und zeigt somit ein vernachlässigbares Einsparpotential auf.

Im Falle der **Kleinkläranlagen** ist ebenfalls das Erbringen von Eigenleistungen seitens der Anlagenbetreiber üblich. Die von den Betreibern genannten Investitionskosten von Teichanlagen, Pflanzenanlagen, Untergrundverrieselungen und Filtergräben waren deutlich niedriger als die von den Herstellern genannten Kosten. Das zeigt, dass insbesondere bei diesen Anlagentypen Einsparpotentiale durch die Einbringung von Eigenleistungen bestehen.

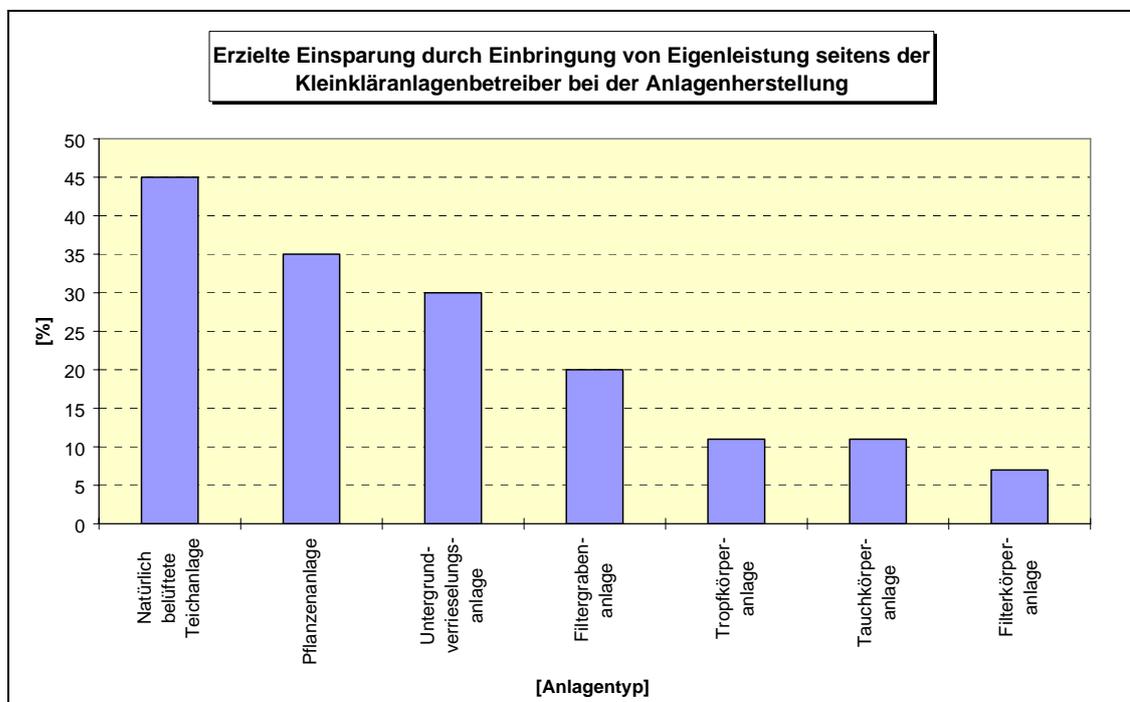


Abb. 3.9: Erzielte Einsparung durch Einbringung von Eigenleistung bei der Herstellung von Kleinkläranlagen (Durchschnittswerte)

Bei Kleinkläranlagen mit Teich lagen die von den Betreibern erreichten Einsparungen bei fast 50 %. Ebenfalls sehr deutlich waren die Einsparungen bei Kleinkläranlagen mit Pflanzenbeet. Bei Anlagen mit Tropfkörper, Tauchkörper oder Filterkörper wurde dagegen nur eine geringe Einsparung (5 bis 10 %) festgestellt.

Die Betreiberbefragung ergab weiterhin, dass die Wartungsarbeiten ebenfalls im wesentlichen von den Betreibern selbst durchgeführt werden. Wichtig bei der Durchführung der Wartungsarbeiten und Funktionskontrollen durch den Betreiber der Anlage ist aber, dass diese gewissenhaft und in den vorgegebenen Abständen erfolgen. Andernfalls ist die Funktionsfähigkeit der Anlage über längere Zeiträume nicht mehr gegeben, wodurch eine Schädigung der Umwelt eintritt. Die in die Untersuchung einbezogenen Anlagen befanden sich in einem ordnungsgemäßen Zustand. Dabei ist allerdings zu betonen, dass es sich ausschließlich um relativ neue Anlagen handelte, bei denen der Verschleiß und die Abnutzung noch entsprechend gering waren. Die Qualität und der erforderliche Umfang der Eigenüberwachung sind im Rahmen dieses Projektes nicht beurteilt worden.

4 Anwendungsbeispiele

Auf der Basis der in Kapitel 3 dargestellten Investitions- und Betriebskosten (Betreiberbefragungen) werden in den folgenden Kapiteln beispielhaft Jahreskosten für eigens definierte Anwendungsfälle ermittelt. Diese Jahreskosten ermöglichen in der Praxis, die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sowie die finanzielle Belastung und somit die Zumutbarkeit für den betroffenen Bürger zu beurteilen.

Der in der nachstehenden Abbildung dargestellte Lageplan gibt eine Übersicht über die im Folgenden betrachteten Anwendungsbeispiele. Bei den Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen sind die Folgekosten für das Weiterleiten in der Kanalisation und die Behandlung in der Abwasserreinigungsanlage nicht mit in den Kosten enthalten. In diesen Fällen müssen die kommunenspezifischen Kosten noch mit berücksichtigt werden, um z. B. einen aussagekräftigen Vergleich mit Alternativen wie z. B. Kleinkläranlagen durchführen zu können. Zudem muss in der Praxis die Durchführbarkeit einer Maßnahme überprüft werden. Das heißt, dass z. B. eine bereits hochausgelastete Abwasserreinigungsanlage zunächst gegen einen weiteren Anschluss eines Außengebietes mittels Druck-/Unterdruckentwässerung spricht.

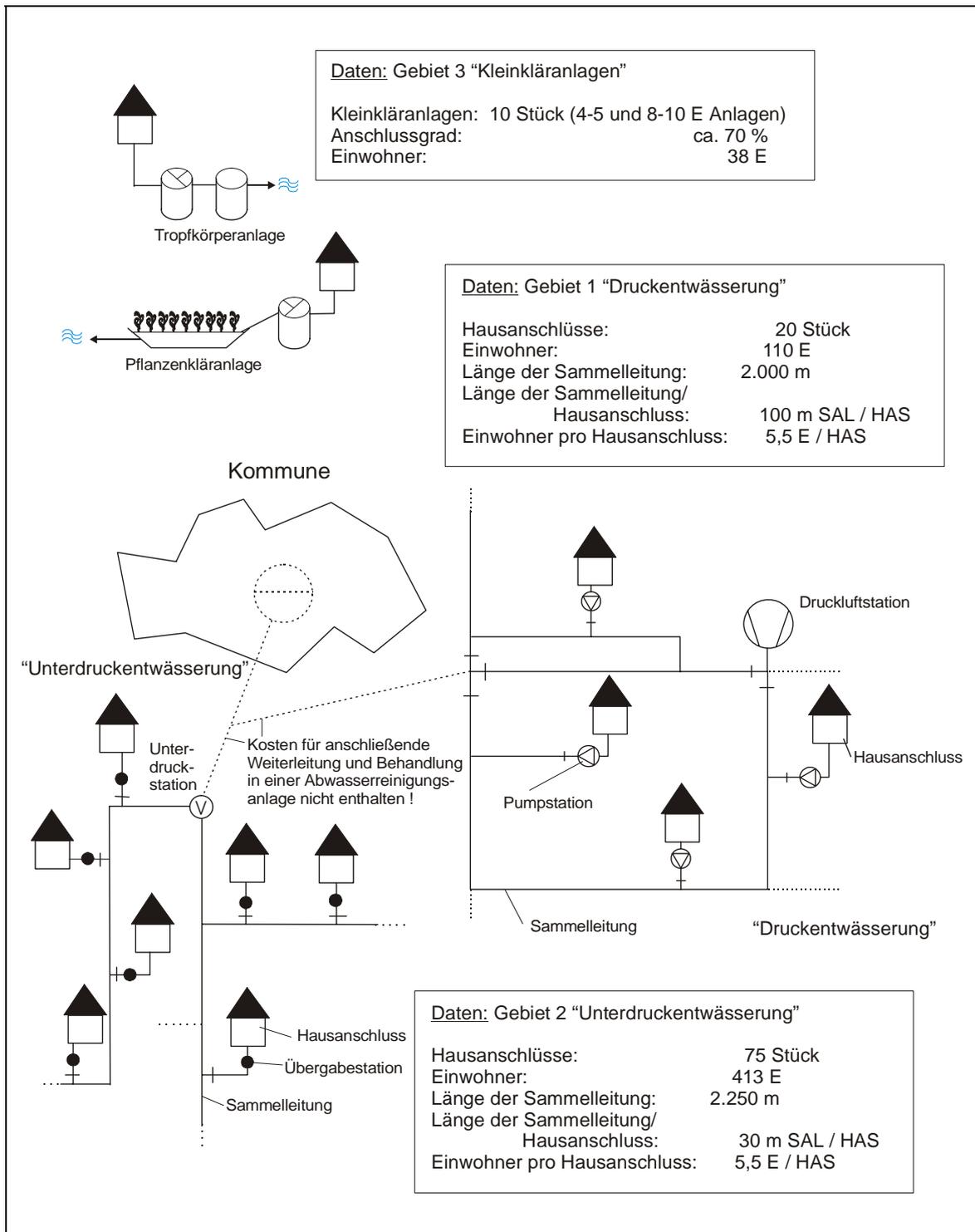


Abb. 4.1: Betrachtete Anwendungsbeispiele - Übersichtslageplan

4.1 Fallbeispiel 1 - Druckentwässerung

4.1.1 Rahmenbedingungen

Die gewählte Situation ergibt die nachfolgend aufgeführten Daten, die die Eingangsgrößen für die entsprechenden Tabellen des Kapitels 3.1 darstellen:

- Hausanschlüsse: 20 Stück
- Einwohner: 110 E
- Länge der Sammelleitung:
(öffentlicher Grund) 2.000 m
- Länge Sammelleitung/Hausanschluss: 100 m SAL/HAS
- Einwohner pro Hausanschluss: 5,5 E/HAS
- Eingesetzter Pumpwerktyp: Einzelpumpwerke bis zu 20 E/HAS
- Bemerkung: Ohne Kosten für anschließende Weiterleitung und Behandlung in einer Abwasserreinigungsanlage

Maßgebend für die „Länge der Sammelleitung“ sind die zu verlegenden Rohrleitungen auf öffentlichem Grund. Umgerechnet auf „m Sammelleitung/Hausanschluss“ bildet diese Größe eine wesentliche Eingangsgröße. Die Länge der Hausanschlussdruckleitungen auf den Privatgrundstücken ist pauschal in den entsprechenden Investitionskosten enthalten (s. Tabelle 3.1 in Kapitel 3.1).

4.1.2 Investitionskosten

Mit der Eingangsgröße von 100 m Sammelleitung/Hausanschluss ergeben sich aus der Tabelle 3.3 (Kapitel 3.1) folgende mittlere Kosten:

⇒ Investitionskosten pro Hausanschluss: 11.100 €/HAS

Bezogen auf die Gesamtanzahl an Hausanschlüssen und Einwohnern lassen sich folgende Kosten ableiten:

⇒ Gesamtinvestitionskosten: 222.000 €

⇒ Einwohnerspezifische Investitionskosten: 2.018 €/E

Für die Verkapitalisierung der Investitionskosten ist es erforderlich, diese aufgrund unterschiedlicher Abschreibungszeiten in Bau- und Maschinenteile zu unterteilen. Die jeweiligen Anteile schwanken mit der Größe des Druckentwässerungssystems. Informationen darüber enthält der Anhang A4. Für das vorliegende Beispiel wird der

Mittelwert der Spalte 1 und 2 des Anhangs A4 angesetzt. Das Ergebnis ist in der Tabelle 4.1 zusammengefasst.

Tab. 4.1: Anteile der Bau- und Maschinentechnik an den Investitionskosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Kostenanteil	Investitionskosten		
			[€]	[€/HAS]	[€/E]
Hausanschluss	Leitungen	14%	31.080	1.554	283
	Pumpenschacht	17%	36.630	1.832	333
	Förderpumpe	25%	55.500	2.775	505
	Summe	56%	123.210	6.161	1.120
Sammelleitung	Bautechnik	42%	92.796	4.640	844
	Maschinentechnik	2,7%	5.994	300	54
	Summe	45%	98.790	4.940	898
Gesamtsumme		100%	222.000	11.100	2.018

In Anlehnung an die „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA, 1998] erfolgt die Berechnung der Kapitalkosten aus den Investitionskosten der Betreiberbefragung. Es wird der reale Zinssatz mit 3 % und die Abschreibungsdauern gemäß Kapitel 3.1 angesetzt.

Tab. 4.2: Kapitalkosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Abschreibungsdauer	Kapitalkosten		
			[€/a]	[€/(HAS · a)]	[€/(E · a)]
Hausanschluss	Leitungen	35	1.446	72	13
	Pumpenschacht	25	2.104	105	19
	Förderpumpe	10	6.506	325	59
	Summe		10.056	503	91
Sammelleitung	Bautechnik	35	4.319	216	39
	Maschinentechnik	10	703	35	6
	Summe		5.021	251	46
Gesamtsumme			15.078	754	137

4.1.3 Betriebskosten

Die Betriebskosten sind zum Teil einwohnerspezifisch (z. B. Energieverbrauch der Pumpe) aber teilweise auch hausanschlusspezifisch (z. B. Wartungskosten für die Pumpstation) zu berechnen. Bezogen auf Kapitel 3.1 ergeben sich die nachstehenden Betriebskosten.

Tab. 4.3: Betriebskosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Betriebskosten		
		[€/(HAS · a)]	[€/(E · a)]	[€/a]
Hausanschluss	Wartung der Pumpe	75	14	1.500
	Energiebedarf der Pumpe	E-spez.	2,3	253
	Reparatur	25,5	4,6	510
	Summe	-	21	2263
Sammelleitung	Wartung Leitungsnetz	0	0	0
	Wartung Druckluftstation	E-spez.	7,7	847
	Energiebedarf Druckluftstation	E-spez.	0,46	51
	Reparatur Druckluftstation	E-spez.	1,3	143
	Summe	-	9,5	1.041
Gesamtsumme			30	3.304

4.1.4 Jahreskosten

Die Jahreskosten setzen sich aus den Kapital- und Betriebskosten zusammen und werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 4.4: Jahreskosten - Druckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Bemerkung	Kosten		
	[€/a]	[€/(HAS · a)]	[€/(E · a)]
Kapitalkosten (gesamt), davon:	15.078	754	137
Hausanschluss	10.056	503	91
Sammelleitung	5.021	251	46
Betriebskosten (gesamt), davon:	3.304	165	30
Hausanschluss	2.263	113	21
Sammelleitung	1.041	52	9,5
Jahreskosten (gesamt), davon:	18.381	919	167
Hausanschluss	12.319	616	112
Sammelleitung	6.062	303	55

In den o. g. Jahreskosten sind keine Folgekosten für die Weiterleitung des Abwassers in der Kanalisation sowie dessen Behandlung in einer Abwasserreinigungsanlage enthalten.

4.2 Fallbeispiel 2 - Unterdruckentwässerung

4.2.1 Rahmenbedingungen

Für das Fallbeispiel 2 gelten folgende Rahmenbedingungen:

- Hausanschlüsse: 75 Stück
- Einwohner: 413 E
- Länge der Sammelleitung: 2.250 m
(privater und öffentlicher Grund)
- Länge Sammelleitung/Hausanschluss: 30 m SAL/HAS
- Einwohner pro Hausanschluss: 5,5 E/HAS
- Eingesetzte Übergabestation: Übergabeschacht bis zu 20 E/HAS
- Bemerkung: Ohne Kosten für anschließende Weiterleitung und Behandlung in einer Abwasserreinigungsanlage

In diesem Fall ist für die Ermittlung der Investitionskosten die Anzahl der Hausanschlüsse und die Gesamtlänge der Sammelleitung auf privatem und öffentlichem Grund maßgebend (s. Tabelle 3.6 in Kapitel 3.1).

4.2.2 Investitionskosten

Aus der Tabelle 3.6 (Kapitel 3.1) ergeben sich mit den Eingangsgrößen „75 Hausanschlüsse“ und „2.250 m Sammelleitung“ folgende mittlere Kosten:

⇒ Investitionskosten pro Hausanschluss: 9.560 €/HAS

Bezogen auf die Gesamtanzahl an Hausanschlüssen und Einwohnern lassen sich folgende Kosten ableiten:

⇒ Gesamtinvestitionskosten: 717.000 €

⇒ Einwohnerspezifische Investitionskosten: 1.738 €/E

Auch hier ist es für die Verkapitalisierung der Investitionskosten erforderlich, die Kosten aufgrund unterschiedlicher Abschreibungszeiten in Bau- und Maschinenteknikanteile zu unterteilen. Die jeweiligen Anteile schwanken mit der Größe des Unterdruckentwässerungssystems. Informationen darüber enthält der Anhang A4. Für das vorliegende Beispiel wird der Mittelwert der Spalte 3 und 4 des Anhangs A4 angesetzt. Das Ergebnis ist in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tab. 4.5: Anteile der Bau- und Maschinentechnik an den Investitionskosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Kostenanteil	Investitionskosten		
			[€]	[€/HAS]	[€/E]
Hausanschluss	Übergabeschacht	11%	81.738	1.090	198
	Übergabeventil	22%	154.872	2.065	375
	Summe	33%	236.610	3.155	574
Sammelleitung	Bautechnik	50%	355.632	4.742	862
	Maschinentechnik	17%	124.758	1.663	302
	Summe	67%	480.390	6.405	1.165
Gesamtsumme		100%	717.000	9.560	1.738

Basierend auf den „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA, 1998] erfolgt die Berechnung der Kapitalkosten. Es wird der reale Zinssatz mit 3 % und die Abschreibungsdauern gemäß Kapitel 3.1 angesetzt.

Tab. 4.6: Kapitalkosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Abschreibungsdauer	Kapitalkosten		
		[a]	[€/a]	[€/(HAS · a)]	[€/(E · a)]
Hausanschluss	Übergabeschacht	25	4.694	63	11
	Übergabeventil	10	18.156	242	44
	Summe		22.850	305	55
Sammelleitung	Bautechnik	35	16.551	221	40
	Maschinentechnik	10	14.625	195	35
	Summe		31.176	416	76
Gesamtsumme			54.026	720	131

4.2.3 Betriebskosten

Bei einem Unterdruckentwässerungssystem fallen einwohnerspezifische Betriebskosten im Bereich der Unterdruckstation an.

Tab. 4.7: Betriebskosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Betriebskosten		
		[€/(HAS · a)]	[€/(E · a)]	[€/a]
Hausanschluss	Übergabeventil	0	0	0
	Summe	-	0	0
Sammelleitung	Unterdruckstation	E-spez.	29	11.963
	Summe	-	29	11.963
Gesamtsumme			29	11.963

4.2.4 Jahreskosten

Die Jahreskosten setzen sich aus den Kapital- und Betriebskosten zusammen und werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 4.8: Jahreskosten - Unterdruckentwässerung (Anwendungsbeispiel)

Bemerkung	Kosten		
	[€/a]	[€/(HAS · a)]	[€/(E · a)]
Kapitalkosten (gesamt), davon:	54.026	720	131
Hausanschluss	22.850	305	55
Sammelleitung	31.176	416	76
Betriebskosten (gesamt), davon:	11.963	160	29
Hausanschluss	0	0	0
Sammelleitung	11.963	160	29,0
Jahreskosten (gesamt), davon:	65.989	880	160
Hausanschluss	22.850	305	55
Sammelleitung	43.139	575	105

Die Jahreskosten enthalten keine Folgekosten für die Weiterleitung des Abwassers in der Kanalisation sowie dessen Behandlung in einer Abwasserreinigungsanlage.

4.3 Fallbeispiel 3 - Kleinkläranlage

4.3.1 Rahmenbedingungen

Im folgenden werden für das in Abbildung 4.1 skizzierte Gebiet 3 Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten parallel für zwei Kleinkläranlagenverfahren ermittelt. Es handelt sich dabei um Kleinkläranlagen mit Pflanzen- und Tropfkörperstufe. Des weiteren treffen nachstehende Rahmenbedingungen zu:

- Kleinkläranlagen (gesamt): 10 Stück
davon
 - mit einer Wohneinheit => 4 - 5 E-Anlage: 6 Stück
 - mit zwei Wohneinheiten => 8 - 10 E- Anlage: 4 Stück
- Anschlussgrad ca.: 70 %
resultierende
 - Einwohneranzahl 4 - 5 E-Anlage: 3 E
 - Einwohneranzahl 8 -10 E-Anlage: 5 E
- Einwohner (gesamt): 38 E
davon
 - 4 - 5 E-Anlage mit je 3 E: 18 E
 - 8 -10 E-Anlage mit je 5 E: 20 E

In diesem Fall ist für die Ermittlung der Investitionskosten [€/KKA] die Größe der Kleinkläranlage maßgebend (s. Tabelle 3.9 in Kapitel 3.2).

4.3.2 Investitionskosten

Aus der Tabelle 3.9 (Kapitel 3.2) ergeben sich mit die im folgenden aufgeführten Kosten. Die Investitionskosten pro Kleinkläranlage (€/KKA) der Tabelle 3.9 werden für die nachstehende Ermittlung der einwohnerspezifischen Investitionskosten auf die tatsächliche Einwohnerzahl – resultierend aus dem Anschlussgrad – bezogen. Die Daten der Tabelle 3.9 (€/E) gehen von einer optimalen Auslastung aus.

Tab. 4.9: Investitionskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)

Bemerkung	Pflanzen- anlage	Tropfkörper- anlage	Einheit
Kosten pro Kleinkläranlage			
4 - 5 E-Anlage mit je 3 E	5.740	7.350	€/KKA
8 - 10 E-Anlage mit je 5 E	6.550	6.650	
Bezogen auf die Gesamtanzahl an Kleinkläranlagen und Einwohnern lassen sich folgende Kosten ableiten:			
Gesamtkosten	60.640	70.700	
davon			€
4 - 5 E-Anlage mit je 3 E	34.440	44.100	
8 - 10 E-Anlage mit je 5 E	26.200	26.600	
Kosten pro Einwohner			€/E
4 - 5 E-Anlage mit je 3 E	1.913	2.450	
8 - 10 E-Anlage mit je 5 E	1.310	1.330	

Für die Verkapitalisierung der Investitionskosten ist es notwendig, die Investitionskosten aufgrund unterschiedlicher Abschreibungszeiten in Bau- und Maschinentechnikan-teile zu unterteilen.

Tab. 4.10: Anteile der Bau- und Maschinentechnik an den Investitionskosten - Klein-
kläranlagen (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Kosten- anteil	Investitionskosten - Anlagen für					
			4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E
			[€]		[€/KKA]		[€/E]	
Pflanzenanlage	Bautechnik	100%	34.440	26.200	5.740	6.550	1.913	1.310
	Maschinentechnik	0%	0	0	0	0	0	0
	Summe	100%	34.440	26.200	5.740	6.550	1.913	1.310
Tropfkörperanlage	Bautechnik	85%	37.485	22.610	6.248	5.653	2.083	1.131
	Maschinentechnik	15%	6.615	3.990	1.103	998	368	200
	Summe	100%	44.100	26.600	7.350	6.650	2.450	1.330

Basierend auf den „Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA, 1998] erfolgt die Berechnung der Kapitalkosten. Es wird der reale Zinssatz mit 3 % und die Abschreibungsdauern gemäß Kapitel 3.2 angesetzt.

Tab. 4.11: Kapitalkosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Abschrei- bung	Kapitalkosten - Anlagen für					
			4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E
			[a]		[€/a]		[€/(KKA · a)]	
Pflanzenanlage	Bautechnik	15	2.885	2.195	481	549	160	110
	Maschinentechnik	7,5	0	0	0	0	0	0
	Summe		2.885	2.195	481	549	160	110
Tropfkörperanlage	Bautechnik	15	3.140	1.894	523	473	174	95
	Maschinentechnik	7,5	998	602	166	151	55	30
	Summe		4.138	2.496	690	624	230	125

4.3.3 Betriebskosten

Wie bei der Druckentwässerung ist ein Teil der Betriebskosten einwohnerspezifisch (z. B. Fäkalschlammabfuhr) und ein anderer Teil anlagenspezifisch (z. B. Wartung) anzusetzen. Die Tabelle 4.12 enthält die Zusammenfassung (vgl. Tabelle 3.11 im Kapitel 3.9).

Tab. 4.12: Betriebskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)

Systembestandteil		Betriebskosten - Anlagen für					
		4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E
		[€/(KKA · a)]		[€/(E · a)]		[€/a]	
Pflanzenanlage	Fäkalschlammabfuhr ^{1) 2)}	E-spez.	E-spez.	10	10	180	200
	Wartung ⁴⁾	200	200	67	40	1.200	800
	Energie	E-spez.	E-spez.	0	0	0	0
	Selbstüberwachung ⁵⁾	100	100	33	20	600	400
	Summe	-	-	110	70	1.980	1.400
Tropfkörperanlage	Fäkalschlammabfuhr ^{1) 3)}	E-spez.	E-spez.	14	14	252	280
	Wartung ⁶⁾	452	452	151	90	2.712	1.808
	Energie	E-spez.	E-spez.	4	4	76	84
	Selbstüberwachung ⁵⁾	100	100	33	20	600	400
	Summe	-	-	202	129	3.640	2.572

1) Ohne Eigenleistung des Anlagenbetreibers

2) bei 0,65 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20,45 €/m³

3) bei 0,95 l/(E · d) zzgl. der gleichen Menge Überstandswasser und Entsorgungskosten von 20,45 €/m³

4) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 175 €/a (einmalige Wartung) zzgl. 25 €/a Reparaturkosten

5) 2 CSB-DIN-Analyse pro Jaahr mit 50 €/Stück

6) bei Abschluss eines Wartungsvertrages mit 350 €/a (zweimalige Wartung) zzgl. 102 €/a Reparaturkosten

4.3.4 Jahreskosten

Die Jahreskosten setzen sich aus den Kapital- und Betriebskosten zusammen und werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 4.13: Jahreskosten - Kleinkläranlagen (Anwendungsbeispiel)

Bemerkung		Kosten - Anlagen für						
		4 - 5 E	8 - 10 E	Gesamt	4 - 5 E	8 - 10 E	4 - 5 E	8 - 10 E
		[€/a]			[€/(KKA · a)]		[€/(E · a)]	
Pflanzenanlage	Kapitalkosten	2.885	2.195	5.080	481	549	160	110
	Betriebskosten	1.980	1.400	3.380	330	350	110	70
	Jahreskosten	4.865	3.595	8.460	811	899	270	180
Tropfkörperanlage	Kapitalkosten	4.138	2.496	6.634	690	624	230	125
	Betriebskosten	3.640	2.572	6.212	607	643	202	129
	Jahreskosten	7.778	5.068	12.846	1.296	1.267	432	253

5 Literaturverzeichnis

ATV – Abwassertechnische Vereinigung e. V.

„Besondere Entwässerungsverfahren Unterdruckentwässerung - Druckentwässerung“
ATV- Regelwerk A116 Abwasser, 7/97

ATV – Abwassertechnische Vereinigung e. V.

„Bau und Betrieb der Kanalisation“, 4. Auflage 1995
Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin

ATV – Abwassertechnische Vereinigung e. V.

„Fragen des Betriebs und der Nutzungsdauer von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen“ in Korrespondenz Abwasser 1997 Nr. 5
Arbeitsgruppe 1.1.2 „Besondere Entwässerungsverfahren“

ATV Landesgruppe Nord

„Möglichkeiten der Kostenreduzierung bei Planung und Bau von Abwasseranlagen“
Informationsveranstaltung der ATV Landesgruppe Nord, Korrespondenz Abwasser
8/1994, S. 626

Bucksteeg, K.

„Anwendung von Kleinkläranlagen in der Praxis“
Korrespondenz Abwasser 4/1983, S. 854f

Buysch, H.-P.; Kaul, G.

„Erfahrungen mit der Abwasserbehandlung in kleinen Kläranlagen“
Korrespondenz Abwasser 10/1991, S. 1342ff

DIN - Deutsches Institut für Normung e.V.

„Verdingungsordnung für Bauleistungen – VOB“, 1992

DIN EN 1085

„Wörterbuch“, 7/97

DIN EN 1671

„Druckentwässerungssysteme“, 1/95

DIN EN 60204-1

„Sicherheit von Maschinen – elektrische Ausrüstungen von Maschinen“
Teile 1 (allgemeine Anforderungen), 1997

DIN 4045

„Abwassertechnik - Begriffe“, 12/85

DIN 4261

„Kleinkläranlagen“
Teil 1 (Feb. 1991), Teil 2 (Juni 1984), Teil 3 (Sept. 1990) und Teil 4 (Juni 1984)

Fehr, G.; Schütte, H.

„Entscheidungshilfen für eine zentrale oder dezentrale Abwasserentsorgung“
Korrespondenz Abwasser 7/1994, S. 1086ff

Fehr, G.; Schütte, H.

„Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum“, Korrespondenz Abwasser 4/1992, S. 818ff

Hammermeister, J.

„Abwasserentsorgung in Außenbereichen“
EntsorgungsPraxis 3/1990, S. 94ff

HOAI

„Honorarordnung für Architekten und Ingenieure“
Beck-Texte, 1995; Deutscher Taschenbuch Verlag – dtv - Nördlingen

Kollatsch, D.

„Die dezentrale private Abwasserbehandlung im ländlichen Raum“
Korrespondenz Abwasser 6/1992, S. 832ff

Kollatsch, D.

„Die dezentrale Abwasserreinigung in Kleinkläranlagen“
Abwasser und Kanalisation, Sonderband des Jahrbuches „Umwelt '93/94“, 1993

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

„Abwasserbeseitigung im Außenbereich (Kleinkläranlagen)“
Merkblatt Nr. 3 1993/1994

Landtag von Baden-Württemberg

„Ökologische, dezentrale Abwasserbehandlung“

Kleine Anfrage und Antwort des Umweltministeriums vom 02.02.1993

Lohse, M.; Böning Th.

„Effektivkosten von Kleinkläranlagen“

Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft e. V. in Ahlen, August 1996

(Forschungsbericht für MURL NRW)

Lohse, M.; Böning Th.; Hegemann, G.

„Effektivkosten von Druck- und Unterdruckentwässerungssystemen“

Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft e. V. in Ahlen, Mai 1999

(Forschungsbericht für MURL NRW)

Lohse, M.; Mollenhauer, H.; Nowak, M.; Schröer, R.; Foppe, H.-G.

„Bepflanzte Bodenabwasserreinigungsstufen von Kleinkläranlagen“

Korrespondenz Abwasser 4/1996, S. 555ff

LUA - Landesumweltamt NRW

„Abwasserbeseitigung in Außenbereichen (Kleinkläranlagen)“

Merkblatt Nr. 3, 1994

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

„Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“

LAWA - Arbeitskreis, 1998, Düsseldorf; Kulturbuchverlag, Berlin

LFU - Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg

„Druckentwässerung – Hinweise zu Planung Bau und Betrieb“

Handbuch Wasser 4, 1996; Herausgeber: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe

Jedlitschka, J.

„Unterdruckentwässerung“

ATV- Fortbildungskurs - Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, 3/87

Nowak, J.; Platzer, C.; Naciri-Göttlich, A.

„Aspekte der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum von Brandenburg und Mecklenburg Vorpommern (unter besonderer Berücksichtigung der Kosten)“

Korrespondenz Abwasser 11/1993, S. 1750ff

Reinecke, R.

„Gesichtspunkte zur Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum“
Wasser und Boden 5/1988, S. 248ff

Renner, H.; Voigtländer, G.; Lopp, H.;

„Eine biologische Hauskläranlage ohne Fremdenergie“
Gas-Wasser-Fach 130 7/1989, S. 334ff

Roediger, M.

„Unterdruck- und Druckentwässerung – alternative Verfahren der Ortsentwässerung“
awt – abwassertechnik – Heft 6/1995, S. 11ff

Schluff, R.

„Info- Blatt: Schluff - Kanalisationssystem“; 8/87, Heikendorf

Schluff, R.

„Neue Tendenzen bei der Abwasserförderung - Schluff - Kanalisationssystem“
1988, Heikendorf

Schluff, R.

„Unterdruckentwässerung- Neue Erkenntnisse führen zu einem betriebssicheren System“;
Sonderdruck aus Abwassertechnik- Heft 4/86
und Baumaschine, Baugerät, Baustelle 6/87, S. 311ff

Schrieber, R.

„Vakuumentwässerung mit dem System Roediger“
ATV- Fortbildungskurs - Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, 3/90

Schütte, H.; Fehr, G.

„Abwasserentsorgung im ländlichen Raum - Untersuchung und Bewertung (1)“
wwt (Wasserwirtschaft) 2/1993, S. 13ff

Schütte, H.; Fehr, G.

„Abwasserentsorgung im ländlichen Raum - Ergebnisse und Untersuchungen (2)“
wwt (Wasserwirtschaft) 3/1993, S. 14ff

Schweizer, V.

„Kleinkläranlagen und Fäkalschlamm Entsorgung“

Wasser Abwasser Praxis 6/1994, S. 39ff

Spiegel, H.

„Wirtschaftliche Druckentwässerung für zersiedelte Gebiete“

Entsorgungspraxis (ep) 2/97, S. 45ff

Stahnke, M.

„Druckentwässerung für die Abwasserentsorgung im Außenbereich“

erschienen in: Entsorgungspraxis - Spezial, 1996, S. 41ff

STBA - Statistisches Bundesamt

„Statistisches Jahrbuch“, 1998

SüwVKan

„Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem“

Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land NRW Nr. 10, 2/95

Tönjes, F.

„Abwasserentsorgung im ländlichen Raum - Kostenvergleich zentral-dezentral -“

Korrespondenz Abwasser 6/1992, S. 858ff

Zander, B.

„Druckentwässerung“

ATV- Fortbildungskurs - Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum; 3/87