

DIN EN 16932-3



ICS 93.030

Entwurf

Einsprüche bis 2016-01-27
Ersatzvermerk
siehe unten

**Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden –
Pumpsysteme –
Teil 3: Unterdruckentwässerungssysteme;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16932-3:2015**

Drain and sewer systems outside buildings –
Pumping systems –
Part 3: Vacuum systems;
German and English version prEN 16932-3:2015

Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments –
Systèmes de pompage –
Partie 3: Systèmes sous vide;
Version allemande et anglaise prEN 16932-3:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-11-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Ersatzvermerk

Vorgesehen mit E DIN EN 16932-1:2015-12 und E DIN EN 16932-2:2015-12 als Ersatz für DIN EN 1091:1997-02 und DIN EN 1671:1997-08

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Gesamtumfang 70 Seiten

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16932-3:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-05-35 AA „Planung und Betrieb von Abwasserkanälen und -leitungen (CEN/TC 165/WG 22)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 16932-3 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1091:1997-02 und DIN EN 1671:1997-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die zutreffenden verfahrensspezifischen Abschnitte aus DIN EN 1091:1997-02 übernommen;
- b) die Formeln überarbeitet;
- c) die Bilder überarbeitet;
- d) die Verfahren an den Stand der Technik angepasst;
- e) Norm redaktionell überarbeitet.

Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Pumpsysteme — Teil 3: Unterdruckentwässerungssysteme

Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Systèmes de pompage — Partie 3 : Systèmes sous vide

Drain and sewer systems outside buildings - Pumping systems — Part 3: Vacuum systems

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.7g

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Planung von Unterdruckentwässerungssystemen	7
4.1 Planungsgrundlagen	7
4.2 Anordnung der Sammelschächte	8
4.3 Verlauf und Höhenprofil von Unterdruckleitungen	8
4.4 Hydropneumatische Bemessung	13
4.5 Bemessung der Unterdruckstation	15
4.6 Stromverbrauch	19
5 Sammelschächte von Unterdruckentwässerungssystemen	19
5.1 Allgemeines	19
5.2 Sammelschächte	19
5.3 Absaugventileinheiten	21
5.4 Explosionssicherheit	22
5.5 Standzeit von Membranen und Dichtungen	22
6 Unterdruckleitungen	22
6.1 Unterdruckanschlussleitungen	22
6.2 Anschluss von Nebensträngen	23
6.3 Absperreinrichtungen	23
7 Ausführungsplanung von Unterdruckstationen	24
7.1 Auswahl der Art von Unterdruckstation	24
7.2 Unterdruckbehälter	24
7.3 Einrichtungen zum Weiterfördern	24
7.4 Rückschlagarmaturen	24
7.5 Vakuumpumpen	25
8 Mess- und steuerungstechnische sowie elektrische Einrichtungen	25
8.1 Steuerungseinrichtungen in Sammelschächten	25
8.1.1 Füllstandgeber	25
8.1.2 Steuereinheit für Absaugventile	25
8.1.3 Überwachung von Absaugventilen	25
8.2 Steuerungseinrichtungen in Unterdruckstationen	25
8.3 Explosionssicherheit	26
9 Einbau	26
10 Prüfungen und Nachweise	27
10.1 Sammelschächte	27
10.2 Absaugventileinheiten	27
10.3 Unterdruckleitungen	27
10.4 Abnahmeprüfungen	27
11 Betrieb und Wartung	27

11.1	Allgemeines	27
11.2	Wartung	28
11.3	Betriebshandbuch	28
11.4	Stromverbrauch	29
Anhang A (normativ) Prüfung von Unterdruckentwässerungssystemen		30
A.1	Prüfung der Absaugventileinheiten	30
A.1.1	Prüfungsanforderungen	30
A.1.2	Vorprüfungen	30
A.1.3	Dauerprüfung	30
A.1.4	Prüfung der Verstopfungsfreiheit	31
A.1.5	Überflutungsprüfung	31
A.2	Prüfung der Leitungen	32
A.2.1	Kalibrierung der Prüfgeräte	32
A.2.2	Allgemeines	32
A.2.3	Zwischenprüfungen	32
A.2.4	Abschlussprüfung	32
A.3	Dichtheitsprüfung von Sammelschächten	32
A.4	Abnahmeprüfungen	32
A.4.1	Allgemeines	32
A.4.2	Lärm	33
A.4.3	Mindestunterdruck und Unterdruckerholungszeit	33
A.4.4	Luft-Wasser-Verhältnis	33
A.4.5	Funktion der Steuerungs- und Alarmeinrichtungen der Unterdruckstation	33
A.4.6	Austauschzeiten	33
Literaturhinweise		34
National Regelungen		34
Ergänzende Literatur		34

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16932-3:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Wastewater engineering“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird gemeinsam mit prEN 16932-1 und prEN 16932-2 EN 1091:1996, EN 1671:1997 ersetzen.

prEN 16932 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumptanlagen“ besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- *Teil 2: Systeme mit Überdruck*
- *Teil : Unterdrucksysteme*

Einleitung

Entwässerungssysteme sind ein Teil des Abwasserentsorgungssystems, welches eine Dienstleistung für die Gesellschaft leistet. Diese Dienstleistung kann wie folgt kurz beschrieben werden:

- Entfernung des Abwassers von Grundstücken aus Gründen der öffentlichen Gesundheit und der Hygiene;
- Vermeidung von Überflutungen in Siedlungsgebieten;
- Schutz der Umwelt.

Das Abwasserentsorgungssystem hat vier aufeinanderfolgende Funktionen: Sammlung, Ableitung, Behandlung, Einleitung.

Entwässerungssysteme dienen der Sammlung und der Ableitung von Abwasser.

prEN 752:2015 stellt einen Rahmen für Planung, Bau, Sanierung, Unterhalt und Betrieb von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden dar. Dies ist im oberen Teil von Bild 1 abgebildet. prEN 752:2015 wird unterstützt durch detailliertere Normen zu Untersuchung, Planung, Bau, Organisation sowie Überwachung von Entwässerungssystemen.

Diese Norm ist eine aus einer Anzahl von Normen, die die in EN 752:2015 dargelegten, allgemeinen Grundsätze unterstützen. Der Zusammenhang dieser Normen untereinander ist in Bild 1 dargestellt.

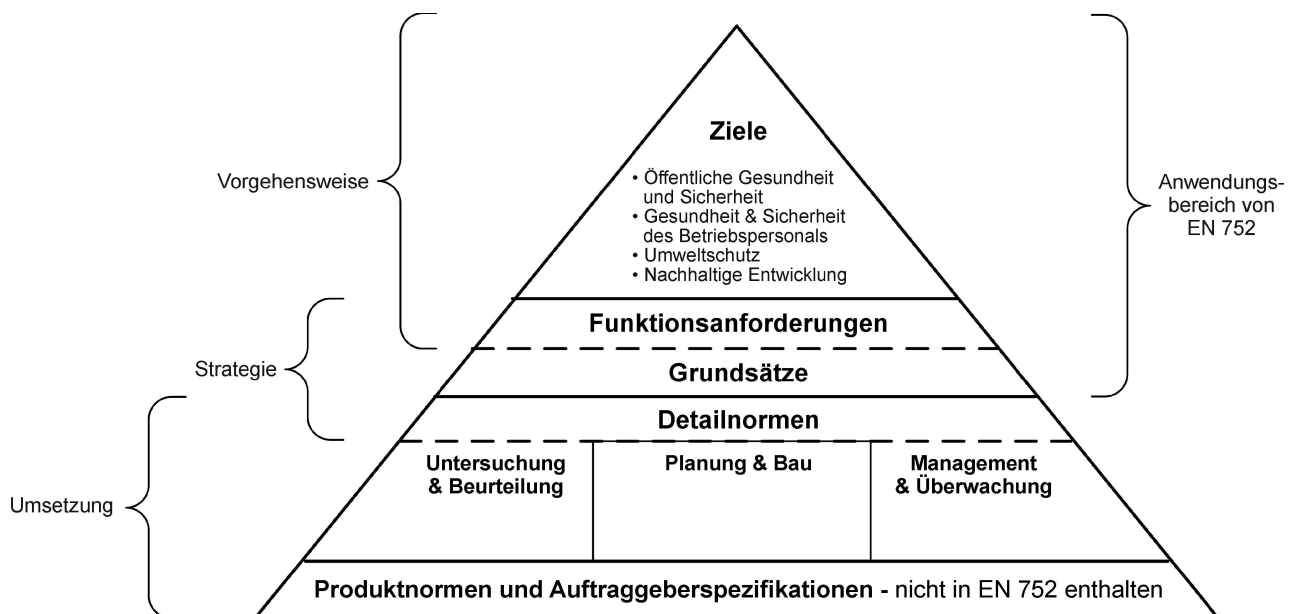


Bild 1 — Beziehung zwischen der prEN 752:2015 und anderen Normen für Entwässerungssysteme

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Planung, den Bau und die Abnahmeprüfung von Pumpsystemen zur Abwasserentsorgung außerhalb von Gebäuden, zu deren Entsorgung sie dienen, fest. Sie betrifft Pumpsysteme in Entwässerungssystemen, welche hauptsächlich als Freispiegelsysteme, sowie Systeme, die entweder mit Überdruck oder Unterdruck betrieben werden.

Dieser Teil gilt für Unterdrucksysteme.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 16323, *Wörterbuch für Begriffe der Abwassertechnik*

prEN 16932-1:2015, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

prEN 16932-2:2015, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme — Teil 2: Druckentwässerungssysteme*

prEN 16933-2:2015, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Planung — Teil 2: Hydraulische Bemessung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 16323, prEN 16932-1:2015 sowie die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 Folgende, in dieser Norm verwendete Begriffe sind in EN 16323 definiert:

- Abwasser;
- Abwasserkanal;
- Abwasserleitung;
- Druckleitung (Pumpendruckleitung);
- Freispiegelsystem;
- Fremdwasser;
- Gefälle;
- häusliches Schmutzwasser;
- Kanalisation;
- nicht häusliches Schmutzwasser;
- Niederschlagswasser;
- Oberflächenabfluss;
- Pumpensumpf;
- Pumpstation;
- Schmutzwasser;
- selbstreinigend (Selbstreinhaltung);
- Versickerung, Wartung;
- zuständige Stelle.

ANMERKUNG 2 Die folgenden Begriffe, die im vorliegenden Teil dieser Norm verwendet werden, sind in prEN 16932-1 definiert.

- Absaugventil;
- fallender Abschnitt;
- Füllstandgeber;
- Höhenprofil;
- Pumpe;
- Pumpenaggregat;
- Sammelerschacht;
- steigender Abschnitt;
- Steuereinheit;
- Tauchpumpe;
- tauchbar
- Unterdruckbehälter;
- Unterdruckerzeuger;
- Unterdruckkanal;
- Unterdruckleitung;
- Unterdruckanschlussleitung;
- Unterdruckstation;
- Weiterförderpumpe.

3.1

Chargenvolumen

Abwasservolumen in einem Sammelbehälter, das bei einem Absaugvorgang entfernt wird

3.2

Absaugventileinheit

Absaugventil und Steuereinheit in einem Sammelerschacht, die Abwasser und Luft über eine Unterdruckanschlussleitung in einen Unterdruckkanal einlassen

3.3

längenbezogene Einwohnerdichte

Anzahl der an einen Unterdruckkanal einschließlich seiner Nebenstränge angeschlossenen abflussbezogenen Einwohnerwerte, dividiert durch die Länge des Unterdruckkanals ohne Berücksichtigung der Länge seiner Nebenstränge

3.4

Unterdruckerholungszeit

gemessene Zeitdauer zwischen dem Schließen eines Absaugventils und dem Zeitpunkt, an dem der Unterdruck an dem Absaugventil wieder eine zum erneuten Öffnen des Absaugventils ausreichende Stärke erreicht

4 Planung von Unterdruckentwässerungssystemen

4.1 Planungsgrundlagen

Schmutzwasserzuflüsse zum Unterdrucksystem müssen nach prEN 16933-2, Abschnitt 7 bestimmt werden. Der Bemessungszufluss, der Mindestzufluss und der mittlere tägliche Zufluss des Schmutzwassers müssen ermittelt werden. Zuflüsse von Fremdwasser und von angeschlossenem Niederschlagswasser müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Ein typischer mittlerer Bemessungszufluss ist 150 l je Einwohner und Tag und ein typischer Spitzenzufluss ist 0,005 l je Einwohner und Sekunde. Der Planer muss die mittleren Luft- und Wasserdurchflüsse angeben, für die er das System geplant hat, sowie den Spitzenzufluss (in l/s), den er bei der Planung verwendet hat, und wie er die statischen und dynamischen Druckverlusthöhen berechnet hat.

Wenn ein Unterdrucksystem Abwasser aus einem Freispiegelsystem oder einem Druckentwässerungssystem oder Abwasser von Gewerbe- oder Industriegebieten übernimmt, müssen die Leistungsanforderungen für die Planung einschließlich der Bemessungszuflüsse festgelegt werden.

4.2 Anordnung der Sammelschächte

Die Entscheidung, ob jedes Grundstück über einen individuellen Sammelschacht angeschlossen werden soll oder ob mehrere Grundstücke über gemeinsame Sammelschächte angeschlossen werden sollen, sollte unter Berücksichtigung der folgenden Gesichtspunkte getroffen werden:

- a) Kosten;
- b) Möglichkeit, die Herkunft von Fremdstoffen festzustellen, die zur Verstopfung führten;
- c) Höhenlage der anzuschließenden Abwasserleitungen und Abwasserkanäle;
- d) verfügbarer Platz.

Sammelschächte sollten in der Nähe der angeschlossen Grundstücken liegen, um die Länge der Abwasserleitungen zu den Sammelschächten möglichst kurz zu halten. Sie können auf Privatgrundstücken angeordnet werden (insbesondere dann, wenn jedes Grundstück über einen individuellen Sammelschacht angeschlossen wird) oder auf öffentlichem Grund angeordnet werden (z. B. unter Straßen oder Gehwegen). Allerdings müssen sie zu jeder Zeit für Wartungsarbeiten durch den Betreiber des Unterdruckentwässerungssystems zugänglich sein, es sei denn, dass in der Unterdruckanschlussleitung eine Absperrarmatur an einer gut zugänglichen Stelle vorgesehen wird.

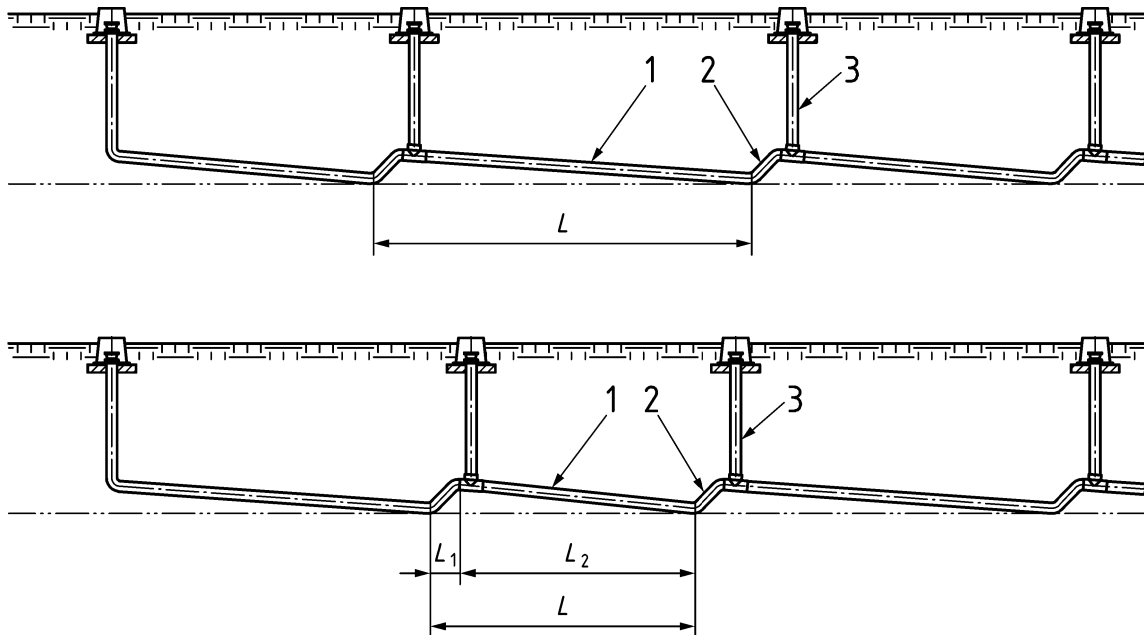
Die Art und Kosten der Sammelschächte müssen berücksichtigt werden, z. B. ob sie mit wasserdichten Rahmen und Abdeckungen zu versehen sind oder welchen Verkehrslasten sie standhalten müssen.

4.3 Verlauf und Höhenprofil von Unterdruckleitungen

Der Verlauf und das Höhenprofil von Unterdruckanschlussleitungen und Unterdruckkanälen sollte unter Berücksichtigung der folgenden Gesichtspunkte geplant werden:

- a) Anzahl und Anordnung der Sammelschächte (siehe 4.2);
- b) Vermeidung von ansteigendem Transport soweit als möglich;
- c) möglichst geringe Gesamtlänge der Unterdruckleitungen;
- d) Vermeidung oder Umgehung von Hindernissen (z. B. Gräben, Wasserläufe, Fernstraßen, Eisenbahntrassen) soweit möglich;
- e) Einhaltung eines Mindestgefälles von 1:500 in fallenden Abschnitten. Allerdings sollte dieses Mindestgefälle vergrößert werden, wenn normale Bauleranzen (siehe Abschnitt 9) nicht eingehalten werden können, zum Beispiel bei Einsatz von grabenlosen Einbauverfahren;
- f) Vermeidung enger Rohrbögen ($R < 3 \text{ DN}$);
- g) Höhenbegrenzung einzelner steigender Abschnitte auf maximal 1,5 m – eine Serie weniger hoher Anstiege ist besser als ein einzelner hoher Anstieg;
- h) Mindestabstand zwischen ansteigenden Abschnitten von 6 m in Unterdruckkanälen und von 1,5 m in Unterdruckanschlussleitungen;
- i) Einhalten selbstreinigender Bedingungen in den Unterdruckleitungen durch Begrenzung des Maximalabstandes zwischen ansteigenden Abschnitten auf 100 m (bei $\text{DN} \leq 150$) und auf 150 m (bei $\text{DN} > 150$) auch in abfallendem Gelände, um eine Schwallspülung sicherzustellen.

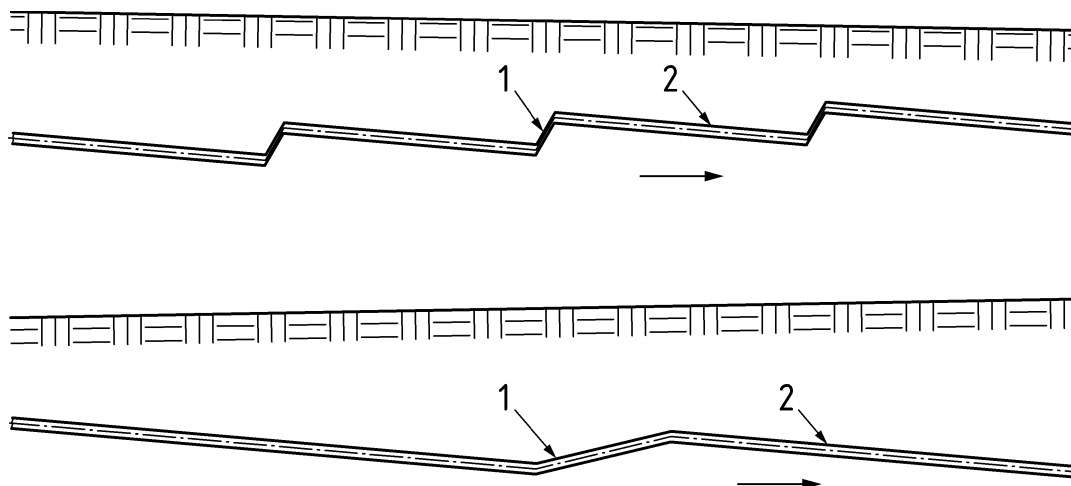
Beispiele für das Höhenprofil von Unterdruckleitungen werden in den Bildern 2 bis 8 gezeigt.



Legende

- | | | | |
|---|--|-------|--|
| 1 | fallender Abschnitt mit einem Mindestgefälle von 1:500 | L1 | Länge des steigenden Abschnittes (für Wellenprofile ist $L1 > 2 (R \cdot H)^{1/2}$ mit R = Mindestbiegeradius) |
| 2 | steigender Abschnitt | L2 | Länge des fallenden Abschnittes mit einem Mindestgefälle von 1:500 |
| 3 | Inspektionsrohr | L | Abstand zwischen Tiefpunkten ($L = L1 + L2 \leq 100$ m (wenn $DN \leq 150$) oder 150 m (wenn $DN > 150$)) |
| H | Steighöhe ($H \geq d_i + 50$ mm, mit d_i = Rohrrinnendurchmesser) | d_i | Innendurchmesser der Leitung |
| h | maximale hydrostatische Druckhöhe eines steigenden Abschnittes ($h = H - d_i$) | | |

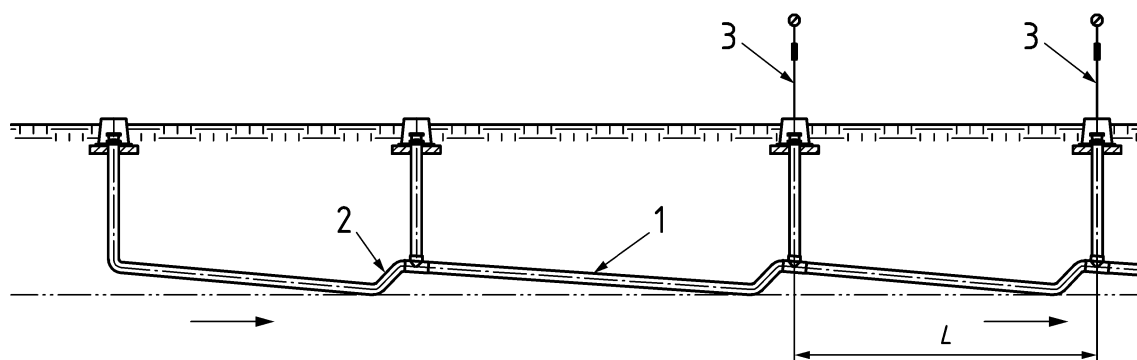
Bild 2 — Höhenprofile von Unterdruckkanälen (nicht maßstäblich)



Legende

- 1 steigender Abschnitt
- 2 fallender Abschnitt

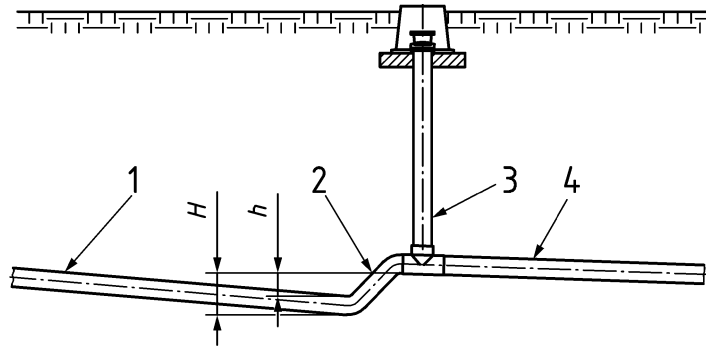
Bild 3 — Beispiele für das Höhenprofil von Unterdruckkanälen bei ansteigendem und abfallendem Gelände (nicht maßstäblich)



Legende

- 1 fallender Abschnitt mit einem Mindestgefälle von 1:500
- 2 steigender Abschnitt
- 3 Inspektionsrohr
- L Abstand zwischen Inspektionsrohren ($L \leq 100$ m)

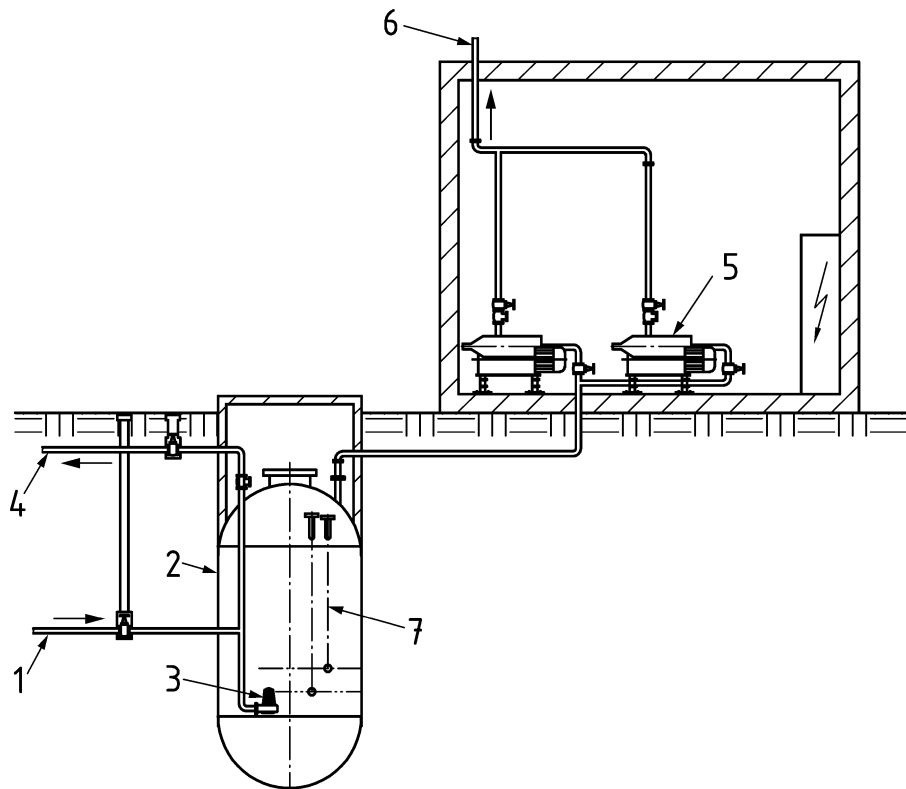
Bild 4 — Unterdruckkanal mit Inspektionsrohren (nicht maßstäblich)



Legende

- 1 fallender Abschnitt mit einem Mindestgefälle von 1:500
- 2 steigender Abschnitt
- 3 Inspektionsrohr
- H Steighöhe
- h maximale hydrostatische Druckhöhe eines steigenden Abschnittes

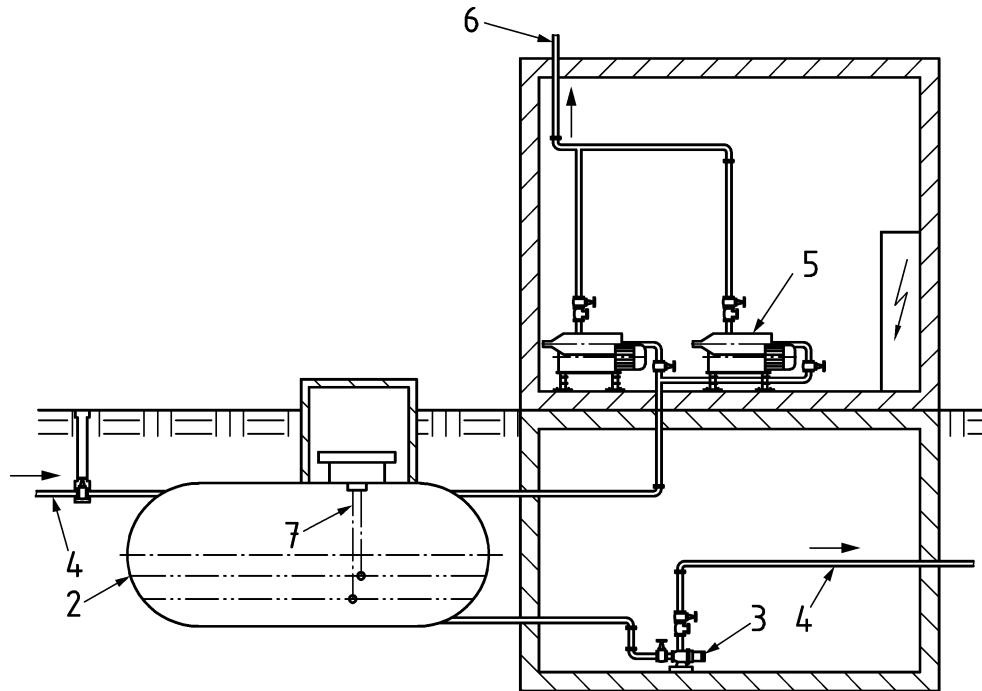
Bild 5 — Steigender Abschnitt mit Inspektionsrohr (nicht maßstäblich)



Legende

- 1 Unterdruckkanal
- 2 Unterdruckbehälter
- 3 Weiterförderpumpen
- 4 Pumpendruckleitung
- 5 Vakuumpumpen
- 6 Abluftleitung (direkt in die Atmosphäre oder über einen Biofilter)
- 7 Füllstandgeber oder Schwimmerschalter

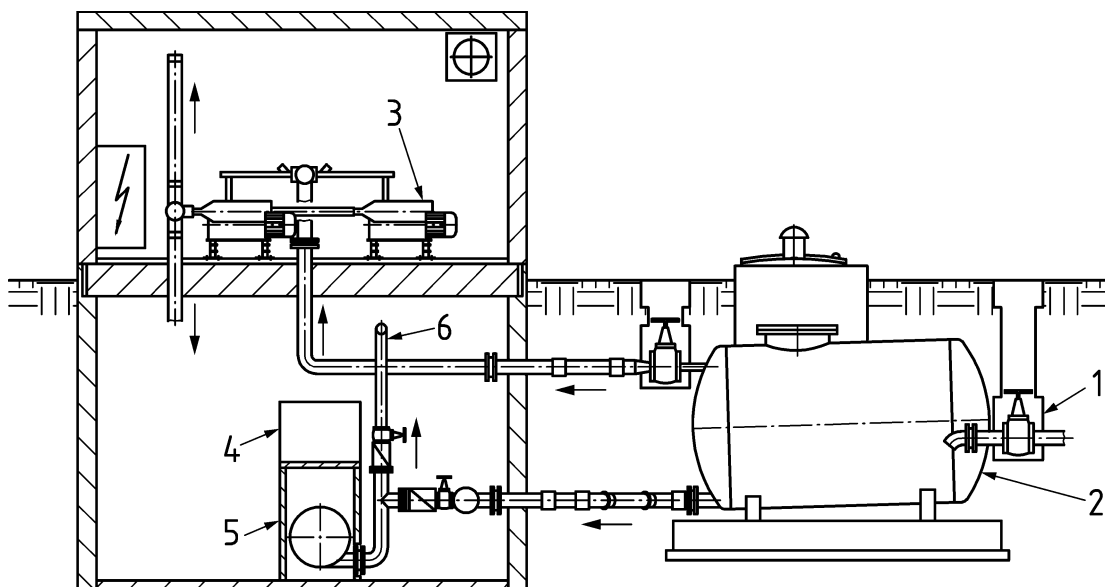
Bild 6 — Beispiel einer Unterdruckstation mit vertikalen, unterirdischen Unterdruckbehältern und Tauchpumpen als Weiterförderpumpen



Legende

- 1 Unterdruckkanal
- 2 Unterdruckbehälter
- 3 Weiterförderpumpen
- 4 Pumpendruckleitung
- 5 Vakuumpumpen
- 6 Abluftleitung (direkt in die Atmosphäre oder über einen Biofilter)
- 7 Füllstandgeber oder Schwimmerschalter

Bild 7 — Beispiel einer Unterdruckstation mit horizontalen, unterirdischen Unterdruckbehältern und trocken aufgestellten Weiterförderpumpen



Legende

- 1 Unterdruckkanal
- 2 Unterdruckbehälter
- 3 Vakuumpumpen
- 4 Luftverdichter
- 5 Druckbehälter
- 6 Druckleitung

Bild 8 — Beispiel einer Unterdruckstation mit pneumatischer Weiterförderung

4.4 Hydropneumatische Bemessung

Das System muss so geplant werden, dass an jedem Absaugventil ein bestimmter Mindestunterdruck unabhängig davon ansteht, ob es bei dem System keinen Zufluss oder Spitzenzufluss gibt.

Der Unterdruck an jedem Absaugventil muss mindestens 15 kPa betragen. Um ein zuverlässiges Absaugen sicherzustellen, muss allerdings dieser Mindestunterdruck bei Sammelschächten entsprechend größer sein, deren Sohle tiefer als 1,0 m unter der horizontalen Achse des Absaugventils liegt. Die Druckhöhendifferenz zwischen der Atmosphäre und der Einmündung der Unterdruckanschlussleitung in den Unterdruckkanal muss mindestens ebenso groß sein wie die Niveaudifferenz zwischen der Einmündung und der Sohle des angeschlossenen Sammelschachtes plus 0,5 m.

Die Unterdruckerholungszeit darf 30 min nicht überschreiten. Das System muss so geplant werden, dass es nach einer mechanischen oder elektrischen Störung selbsttätig wieder in Betrieb geht.

Die maximale hydrostatische Druckhöhendifferenz entlang eines Unterdruckkanales ohne oder mit nur geringem Durchfluss muss unter der konservativen Annahme berechnet werden, dass die unteren Enden der steigenden Abschnitte vollständig mit Abwasser gefüllt sind. Die maximale statische Druckhöhendifferenz (h) eines steigenden Abschnittes hängt ab von der Steighöhe (H) und dem Innendurchmesser der Leitung (d_i). Sie wird als $h = H - d_i$ berechnet (siehe Bild 4). Die Summe der maximalen statischen Druckhöhendifferenzen ($\sum h$) entlang eines Unterdruckkanales sollte gewöhnlich einen Wert von 5 m nicht überschreiten. Höhere maximale statische Druckhöhendifferenzen erfordern den Einbau automatischer Belüftungsventile, die dann Luft in den Unterdruckkanal einlassen, wenn der Unterdruck unter einen bestimmten Mindestwert fällt, so dass verhindert wird, dass alle steigenden Abschnitte zugleich mit Abwasser gefüllt sind.

Eine exakte hydrodynamische Berechnung der Transportvorgänge in Unterdruckkanälen ist nicht möglich, weil es sich um ein komplexes System mit unstetiger mehrphasiger Strömung handelt. Aus diesem Grund werden Unterdruckkanalnetze mit Hilfe von Richtwerttabellen bemessen, die auf folgenden Annahmen basieren:

- a) der Bemessungszufluss beträgt 0,005 l je Einwohner und Sekunde;
- b) die Einwohnerdichte entlang des Unterdruckkanalnetzes ist gleichmäßig;
- c) das Gelände ist eben.

Das Mittlere Luft-Wasser-Verhältnis (*LWV*) eines Unterdruckkanales an der Unterdruckstation wird mit Hilfe der Tabelle 1 abgeschätzt. Der Luftdurchsatz bezieht sich hierbei auf Normalbedingungen; der tatsächliche Volumenstrom der Luft in den Unterdruckleitungen ist entsprechend größer.

Tabelle 1 — Richtwerte zur Abschätzung des mittleren Luft-Wasser-Verhältnisses

Länge des Unterdruckkanals	Längenbezogene Einwohnerdichte			
	0,05 E/m	0,1 E/m	0,2 E/m	0,5 E/m
	Mittleres Luft-Wasser-Verhältnis (<i>LWV</i>) vor der Unterdruckstation			
500 m	3,5 – 7	3 – 6	2,5 – 5	2 – 5
1 000 m	4 – 8	3,5 – 7	3 – 6	2,5 – 5
1 500 m	5 – 9	4 – 8	3,5 – 7	3 – 6
2 000 m	6 – 10	5 – 9	4 – 8	3,5 – 7
3 000 m	7 – 12	6 – 10	5 – 9	4 – 8
4 000 m	8 – 15	7 – 12	6 – 10	(5 – 9) ^a
^a Nur in besonderen Ausnahmefällen empfohlen.				

Es sollte beachtet werden, dass das mittlere Luft-Wasser-Verhältnis (*LWV*) am äußersten Ende eines Unterdruckkanals, also dort, wo die Entfernung zur Unterdruckstation am größten ist, gewöhnlich größer ist als das nach Tabelle 1 bestimmte mittlere *LWV*, weil das an den Ventileinheiten eingestellt *LWV* vom äußersten Ende bis zur Unterdruckstation abnimmt.

Die Nennweiten von Unterdruckkanälen sind abhängig von den stromaufwärts angeschlossenen Einwohnerwerten (der Summe der angeschlossenen Einwohner, die häusliches Schmutzwasser einleiten, zuzüglich der angeschlossenen Einwohnergleichwerten, die eine entsprechende Menge nicht häusliches Abwasser einleiten) und vom mittleren stromaufwärtigen *LWV*, das üblicherweise in Richtung zur Unterdruckstation geringer wird.

Unterdruckanschlussleitungen müssen eine Nennweite von mindestens DN 50 haben und Unterdruckkanäle eine Nennweite von mindestens DN 65.

ANMERKUNG Nationale und örtliche Regelungen oder die zuständige Stelle können Mindestnennweiten für Unterdruckanschlussleitungen und Unterdruckkanälen vorschreiben.

Wenn der Bemessungszufluss 0,005 l je Einwohner beträgt, die Einwohnerdichte entlang der Unterdruckkanäle gleichmäßig ist und das Gelände eben ist, können die Nennweiten der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2 — Richtwerte zur Abschätzung der Nennweiten

Mittleres <i>LWV</i> stromauf- wärts	Nennweite der Leitung						
	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250 ^a
	Anzahl der stromaufwärts angeschlossenen Einwohnerwerte						
2	0 – 110	0 – 350	250 – 600	350 – 900	500 – 1400	750 – 2100	(1100 – 3000)
4	0 – 65	0 – 200	135 – 340	200 – 500	300 – 800	400 – 1200	(600 – 1650)
6	0 – 45	0 – 140	95 – 240	140 – 350	200 – 500	300 – 800	(400 – 1150)
8	0 – 35	0 – 105	75 – 185	105 – 270	150 – 425	220 – 625	(300 – 850)
10	0 – 30	0 – 85	60 – 150	85 – 220	120 – 340	175 – 500	(250 – 700)
12	0 – 25	0 – 75	50 – 125	75 – 180	100 – 290	150 – 425	(200 – 600)
^a Nur in besonderen Ausnahmefällen empfohlen.							

Systeme mit besonderen Verhältnissen, z. B. wenn Unterdruckkanäle einen Graben, Wasserlauf, eine Hauptverkehrsstraße oder Eisenbahntrasse unterqueren, wenn das Gelände ansteigt, wenn grabenlose Einbauverfahren eingesetzt werden, wenn die Einwohnerdichte ungleichmäßig ist oder wenn der Bemessungszufluss wesentlich von dem Wert 0,005 l je Einwohner und Sekunde abweicht, kann das System nicht mit den allgemeinen Richtwerttabellen (Tabellen 1 und 2) bemessen werden. In derartigen Fällen sollte das System von einem erfahrenen Spezialplaner bemessen werden, der die technischen Gründe für sein Abweichen von den Richtwerttabellen darlegen und dokumentieren sollte. Solche Gründe können z. B. darin bestehen, dass er automatische Belüftungsventile oder Absaugventileinheiten vorsieht, deren Luft-Wasser-Verhältnis über die Unterdruckstärke gesteuert wird. Der Planer muss in jedem Fall Druckprofile für das System erstellen und zwar für keinen bzw. sehr geringen Zufluss (statisches Druckprofil) sowie für den Bemessungszufluss bei verschiedenen Luft-Wasser-Verhältnissen (dynamisches Druckprofil).

4.5 Bemessung der Unterdruckstation

Die Anzahl und Leistung der Haupt- und Hilfsvakuumpumpen und -weiterförderpumpen muss jeweils für die Bemessungszuflüsse der Luft und des Abwassers gewählt werden. Das Mindestvolumen des Unterdruckbehälters muss unter Berücksichtigung der maximalen Einschalthäufigkeiten der Vakuum- und Weiterförderpumpen und der einzuhaltenden Bereiche für die Unterdruckstärke und Füllstand berechnet werden. Das Unterdruckvolumen muss in den Unterdruckbehältern und in einem bestimmten zusätzlichen Volumen der ankommenden Unterdruckkanäle bereitgestellt werden.

Der maximale Luftstrom Q_L (im Normzustand) wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$Q_L = Q_A \cdot LWV \cdot SF \quad (1)$$

Dabei ist

- Q_L der maximaler Luftstrom, in Liter je Sekunde [l/s];
- Q_A der Bemessungszufluss des Abwassers in Liter je Sekunde [l/s];
- LWV das mittlere Luft-Wasser-Verhältnis des Systems;
- SF Sicherheitsfaktor, der zwischen 1,2 und 1,5 zu wählen ist.

Die Leistung und Anzahl der Weiterförderpumpen und der Vakuumpumpen werden unter Berücksichtigung der Redundanz wie folgt gewählt:

$$Q_{A,P} \geq Q_A / (n_A - 1) \quad (2)$$

und

$$Q_{L,P} \geq Q_L \times SF / (n_L - 1) \quad (3)$$

Dabei ist

$Q_{A,P}$ der Förderstrom der einzelnen Abwasserpumpe, in Liter je Sekunde [l/s];

n_A die Anzahl der Abwasserpumpen inklusive von Reserveaggregaten;

$Q_{L,P}$ die Liefermenge der einzelnen Vakuumpumpe (im Normzustand), in Liter je Sekunde [l/s];

n_L die Anzahl der Vakuumpumpen inklusive von Reserveaggregaten.

Der Ansaugvolumenstrom der Vakuumpumpe in Liter je Sekunde [l/s] ist:

$$Q_{L,P,S} \geq Q_{L,P} \times p_u \times 2 / (p_{\max} + p_{\min}) \quad (4)$$

Dabei ist

p_u der atmosphärische Luftdruck (Umgebungsdruck), in Kilopascal [kPa] ;

$p_{\max}$ der maximale (absolute) Luftdruck im Unterdruckbehälter, in Kilopascal [kPa], dabei ist:

$$p_{\max} \leq 75 - (0,6 \times \rho \times g \times \sum h) \times 10^{-3} \quad (5)$$

$p_{\min}$ der minimale (absolute) Luftdruck im Unterdruckbehälter, in Kilopascal [kPa];

$\sum h$ die maximale hydrostatische Druckhöhendifferenz entlang der angeschlossenen Unterdruckkanäle, in Meter [m];

ρ die Dichte des Abwassers [kg/m³];

g die Beschleunigung durch die Schwerkraft [m/s²].

Das Mindestvolumen für Abwasser in Liter [l], das im Interdruckbehälter zur Verfügung stehen muss, wird generell wie folgt berechnet:

$$V_A = Q_A \times (Q_{A,P} - Q_A) / (Q_{A,P} \cdot f) \quad (6)$$

Dabei ist

f die maximale Einschalthäufigkeit der Weiterförderpumpe.

V_A erreicht ein Maximum, wenn $Q_A = 0,5 \times Q_{A,P}$ ist, so dass Gleichung 6 vereinfacht werden kann zu:

$$V_A = 0,25 \times Q_{A,P} / f \quad (6a)$$

Wenn aber $Q_{A,P} > 2 \times Q_A$ ist, was bei kleinen Unterdrucksystemen oft der Fall ist, dann wird Gleichung 6 zu:

$$V_A = Q_A \times (1 - Q_A/Q_{A,P})/f \quad (6b)$$

Das erforderliche Mindestvolumen für die Luft in Liter [l] im Unterdruckbehälter ist:

$$V_L = 0,25 \times Q_{L,P,S} \times 0,5 (p_{\max} + p_{\min}) / [(p_{\max} - p_{\min}) \times n_L \times f] \quad (7)$$

Das erforderliche Mindestvolumen für Luft (V_L) im Unterdruckbehälter wird geringer, wenn die Anzahl (n_L) der Vakuumpumpen größer wird. Allerdings darf in Gleichung 7 die Anzahl der Vakuumpumpen (n_L) nur dann verwendet werden, wenn alle Vakuumpumpen reihum eingeschaltet werden. Das erforderliche Luftvolumen (V_L) kann auch vermindert werden, indem drehzahlvariable Vakuumpumpen eingesetzt werden. Außerdem ist es von der Wahl des minimalen Druckes ($p_{\min}$) abhängig. Es sollte beachtet werden, dass ein geringerer Druck ($p_{\min}$) zwar das Luftvolumen (V_L) vermindert, aber den Stromverbrauch erhöht.

Vom erforderlichen Luftvolumen im Unterdruckbehälter (V_L) darf ein Anteil des Volumens in den ankommenden Unterdruckkanälen (V_K) abgezogen werden. Dieses Volumen (V_K) ist die Hälfte des Volumens in den fallenden Abschnitten der ankommenden Unterdruckkanäle entlang einer Strecke, in der $p \cdot g \cdot \sum h \leq p_{\max} - p_{\min}$ ist. Das Mindestvolumen des Unterdruckbehälters (V) ist damit:

$$V = V_A + V_L - V_K \quad (8)$$

Dabei ist

V_K das anrechenbare Volumen in den ankommenden Unterdruckkanälen[m³].

BEISPIEL Wenn die Hysterese des Luftdrucks im Unterdruckbehälter $p_{\max} - p_{\min} = 10$ kPa beträgt und in einem Unterdruckkanal unmittelbar vor dem Unterdruckbehälter ein steigender Abschnitt mit einer maximalen hydrostatischen Druckhöhendifferenz von 1 m eingebaut ist, dann ist für diesen Unterdruckkanal $V_K = 0$.

Um immer ein ausreichendes Unterdruckreservoir zu erhalten, sollte der Unterdruckbehälter höchstens zu einem Drittel mit Abwasser gefüllt sein. Hieraus ergibt sich als weitere Anforderung an sein Mindestvolumen:

$$V \geq 3 \times V_A \quad (9)$$

Es gibt noch ein weiteres Kriterium, das bei der Bemessung des Unterdruckbehälters berücksichtigt werden sollte: Geflutete Unterdruckkanäle werden durch Einlassen von Luft über einen Zeitraum von bis zu 3 min freigeblasen, indem entweder manuell der Pfropfen eines Inspektionsrohres gezogen wird oder ein automatisches Belüftungsventil öffnet. Da während solcher Vorgänge viel Abwasser in den Unterdruckbehälter gespült wird, muss verhindert werden, dass der Füllstand im Unterdruckbehälter zu hoch steigt.

Der maximale Abwasservolumenanteil ($AVA_{\max}$) im Unterdruckkanal muss näherungsweise betragen:

$$AVA_{\max} \approx \sum (0,5 \times d_i / I_{2,i} + L_{1,i}) / L_K \quad (10)$$

Dabei ist

L_K die Gesamtlänge des Unterdruckkanales;

d_i der Innendurchmesser im Abschnitt i (wobei jeder Abschnitt sich von einem Hochpunkt zum nächstfolgenden Hochpunkt erstreckt);

$I_{2,i}$ das Gefälle des fallendes Abschnittes i ;

$L_{1,i}$ die Länge des steigenden Abschnittes i ;

Für ein Sägezahnprofil mit einem Gefälle der fallenden Abschnitte von 1:500 kann die folgende vereinfachte Gleichung verwendet werden, wobei das in den kurzen steigenden Abschnitten enthaltene Abwasservolumen vernachlässigt wird:

$$AVA_{\max} \approx 250 \sum d_i / L_K \quad (10a)$$

Für ein Wellenprofil mit einem Gefälle der fallenden Abschnitte von 1:500 kann die folgende Abschätzung verwendet werden:

$$AVA_{\max} \approx \sum (250 \times d_i + L_{1,i}) / L_K \quad (10b)$$

Während der Luftspülung ist das in den Unterdruckbehälter gelangende Abwasser- und Luftvolumen ungefähr gleich dem Volumen, das aus diesem von $(n_L - 1)$ Vakuumpumpen mit ihrem jeweiligen Ansaugvolumen $(Q_{L,P,s})$ und einer Weiterförderpumpe mit ihrem Förderstrom $(Q_{A,P})$ entfernt wird. Somit beträgt der eingespülte Abwasserstrom $(Q_{A,Sp})$ in Liter je Sekunde [l/s]:

$$Q_{A,Sp} \approx AVA_{\max} \times [(n_L - 1) \times Q_{L,P,s} + Q_{A,P}] \quad (11)$$

Dabei ist

$Q_{L,P,s}$ das Ansaugvolumenstrom der Vakuumpumpe;

$Q_{A,P}$ der Förderstrom der Abwasserpumpe.

Die Spüldauer (t_{Sp}) in Sekunde [s] ist die Zeitdauer, bis das gesamte Abwasservolumen aus dem gespülten Unterdruckkanal in den Unterdruckbehälter eingeströmt ist.

$$t_{Sp} = V_K \times AVA_{\max} / Q_{A,Sp} \quad (12)$$

Dabei ist

$$t_{Sp} \leq 180 \text{ s.}$$

Um zu vermeiden, dass die Unterdruckbehälter allzu groß werden, sollte die Spüldauer auf 180 s begrenzt werden. Falls ein einziger Spülvorgang nicht genügt, um den Unterdruckkanal ausreichend frei zu spülen, sollte der Spülvorgang nach einer Pause wiederholt werden, die zum Entleeren des Unterdruckbehälters durch die Weiterförderpumpe genügt.

Im ungünstigsten Fall war der Unterdruckbehälter bei Beginn der Luftspülung maximal mit Abwasser gefüllt (d. h. maximal zu einem Drittel). Am Ende der Luftspülung sollte der Unterdruckbehälter maximal zu zwei Dritteln gefüllt sein, um zu verhindern, dass die Vakuumpumpen Abwasser ansaugen. Deshalb muss das Volumen des Unterdruckbehälters auch noch die folgende Anforderung erfüllen:

$$V \geq 1,5 \times [V_A + t_{Sp}(Q_{A,Sp} - Q_{A,P})] \quad (13)$$

In der Praxis sind die Verhältnisse während der Luftspülung etwas komplexer: Die Wasserpfropfen an den Tiefpunkten und in den steigenden Abschnitten müssen zunächst beschleunigt werden, wodurch die Strömung in den Unterdruckbehälter verzögert wird; die Luft überholt das Abwasser in den fallenden Abschnitten und strömt deshalb schneller als das Abwasser; am Ende des Spülvorganges hört der Zufluss von Abwasser nicht plötzlich auf, weil sich die Luft im Unterdruckkanal weiter entspannt. Allerdings ist die Berechnung nach den Gleichungen 10 bis 13 deutlich konservativ.

4.6 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch der Vakuum- und Weiterförderpumpen in Watt [W] kann mit der folgenden allgemeinen Gleichung abgeschätzt werden, wobei angenommen wird, dass in den Vakuumpumpen eine adiabatische Verdichtung der Luft erfolgt:

$$P_{L,P} = [\kappa/(\kappa - 1)] \times Q_{L,P,S} \times 0,5 \times (p_{\max} + p_{\min}) / (1 - (0,5 \times (p_{\max} + p_{\min})/p_u)^{[(\kappa-1)/\kappa]}) / \eta_L \quad (14)$$

$$P_{A,P} = Q_{A,P} \times \rho \times g \times (h_{\text{man}}/\eta_A) \quad (15)$$

Dabei ist

κ der Adiabatenkoeffizient (dimensionslos) von Luft, der 1,4 beträgt;

η_L der Wirkungsgrad der Vakuumpumpe;

η_A der Wirkungsgrad der Weiterförderpumpe.

h_{man} die manometrische Förderhöhe [m];

Der Wirkungsgrad von Wasserringpumpen und Drehschieberpumpen liegt im Bereich von $0,3 < \eta_L < 0,6$ (bei $p_{\min} \geq 30$ kPa), wobei Drehschieberpumpen üblicherweise einen besseren Wirkungsgrad als Wasserringpumpen haben. Der Wirkungsgrad von Freistromradpumpen liegt im Bereich von $0,2 < \eta_A < 0,5$.

5 SammelSchächte von Unterdruckentwässerungssystemen

5.1 Allgemeines

Eines oder mehrere Grundstücke dürfen an einen SammelSchacht angeschlossen werden. Für Grundstücke unterschiedlicher Höhenlage müssen getrennte Schächte vorgesehen werden, wenn die Gefahr besteht, dass Abwasser von einem Grundstück auf einem anderen Grundstück überläuft. Wenn mehr als 20 Einwohner angeschlossen werden oder wenn der Zufluss größer als $3 \text{ m}^3/\text{d}$ ist, muss eine zweite redundante Absaugventileinheit vorgesehen werden.

ANMERKUNG Nationale oder örtliche Regelungen oder die zuständige Stelle können die Anzahl der Grundstücke beschränken, die an einen SammelSchacht angeschlossen werden dürfen.

Das Eindringen von Niederschlagswasser muss verhindert werden. Schächte sollten nicht an Stellen eingebaut werden, an denen sich Niederschlagswasser ansammeln kann.

5.2 SammelSchächte

Beispiele für SammelSchächte sind in den Bildern 9 und 10 gezeigt.

SammelSchächte für häusliches Schmutzwasser müssen für den Fall eines Stromausfalles oder anderer Störungen einen Notspeicherraum von mindestens 25 % der mittleren täglichen Schmutzwassermenge haben; der Speicherraum in zuführenden Freispiegelleitungen darf mitgerechnet werden.

Der SammelSchacht muss äußeren Lasten und dem Innendruck standhalten. Der Schacht muss wasserdicht und so belüftet sein, dass Luft ohne Lärmbelästigung einströmen kann und sichergestellt ist, dass durch den Betrieb des Unterdrucksystems keine Wasserverschlüsse in angeschlossenen Freispiegelsystemen leergesaugt werden.