

Handbuch Wasser 4

Wirbelabscheideranlagen

Hinweise zu Entwurf und Bemessung

Les installations de séparation par effet vortex

Éléments de dimensionnement et de conception



WASSER



MINISTERIUM
FÜR UMWELT
UND VERKEHR

Handbuch Wasser 4

Wirbelabscheideranlagen

Hinweise zu Entwurf und Bemessung

**Les installations de séparation par
effet vortex**

Eléments de dimensionnement et de conception



IMPRESSUM

- Herausgeber** Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
- ISSN** 0941-780 X (Zentraler Fachdienst Wasser, Boden, Abfall, Altlasten bei der
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg)
0949-0272 (Handbuch Wasser 4)
- Bearbeitung** UFT - Umwelt- und Fluid-Technik, Bad Mergentheim
Prof. Dr. H. Brombach; Dr. Ing. G. Weiß
- Redaktion** Zentraler Fachdienst Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für
Umweltschutz Baden-Württemberg
- Übersetzung** Th. Bauer, A. Onnée
Bureaux d'Etudes Réunis de l'Est, Colmar
- Druckerei** Druckerei Ernst Grässer, Karlsruhe
- Gedruckt auf** Recyclingpapier aus 100 % Altpapier, 100 g/m²
Umschlagkarton aus 100 % Altpapier, 250 g/m²
- Bezug** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Rheinische Bibliothek
Postfach 21 07 52
76157 Karlsruhe
Telefax: (0721)983-1456
- Preis** 30,-- DM

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhalt	Seiten
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	7
1.1 Der Wirbelabscheider <i>FluidSep</i>	7
1.2 Funktion	10
1.3 Anordnungsmöglichkeiten für Wirbelabscheider	10
1.4 Abscheiderfamilie	12
1.5 Einsatzpräferenzen	13
2 Bemessung eines Wirbelabscheiders in "Solo"-Anordnung.....	15
2.1 Bemessung eines Fangbeckens an Stelle des Wirbelabscheiders	19
2.2 Maßgebendes mittleres Jahresregenereignis, Bemessungsabfluß Q_b	20
2.3 Vorab-Schätzung der Wirbelabscheider-Größe	22
2.4 Bestimmungsgleichung	23
2.5 Stationärer Wirkungsgrad beim Bemessungsabfluß	26
2.6 Notüberläufe.....	29
3 Hydraulisches Verhalten.....	30
4 Bemessungsbeispiel.....	37
4.1 Ermittlung der erforderlichen Wirbelabscheidergröße.....	38
4.2 Hydraulisches Verhalten	42
5 Anwendung des Wirbelabscheiders in der Trennentwässerung	47
5.1 Wirbelabscheider als Regenklärbecken (Durchlaufbecken)	49
5.2 Fangbecken mit Entleerung nach Regenende	51
5.3 Fangbecken mit kontinuierlichem Abfluß in den Schmutzwasserkanal	53
6 Beispiele ausgeführter Anlagen.....	54
6.1 Tengen.....	54
6.2 Lauf	57
6.3 Wittenheim-Kingersheim-Ruelisheim / Elsaß (WIKIRU).....	60
6.4 Decatur Lincoln Park, USA	62
Bildseiten.....	65
Verzeichnis der Anlagen	71
Literatur	99

Sommaire	Page
Résumé.....	5
1 Introduction.....	7
1.1 Le séparateur à effet vortex <i>FluidSep</i>	7
1.2 Fonctionnement.....	10
1.3 Configurations possibles pour les séparateurs.....	10
1.4 Les différentes familles de séparateurs.....	12
1.5 Domaine d'utilisation préférentiel.....	13
2 Dimensionnement d'un séparateur à effet vortex en traitement unique.....	15
2.1 Dimensionnement d'un bassin piège à la place d'un séparateur à effet vortex.....	19
2.2 Événement moyen annuel de référence, débit conservé Q_b	20
2.3 Prédimensionnement de la taille du séparateur à effet vortex.....	22
2.4 Equation de dimensionnement.....	23
2.5 Efficacité à régime établi.....	26
2.6 Déversoir amont.....	29
3 Comportement hydraulique.....	30
4 Exemple de dimensionnement.....	37
4.1 Détermination du volume de séparateur nécessaire.....	38
4.2 Comportement hydraulique.....	42
5 Séparation à effet vortex appliquée aux réseaux séparatifs.....	47
5.1 Séparateur vortex en tant que bassin transit de traitement des E.P.....	49
5.2 Bassin piège avec vidange en fin d'événement.....	51
5.3 Bassin piège avec vidange contenue dans le réseau eaux usées.....	53
6 Exemple d'installations réalisées.....	54
6.1 Tengen.....	54
6.2 Lauf.....	57
6.3 Wittenheim-Kingersheim-Ruelisheim (Alsace) (WI.KI.RU).....	60
6.4 Decatur Lincoln Park, USA.....	62
Reproductions photographiques.....	65
Annexes.....	71
Bibliographie.....	99

Zusammenfassung

Die vorliegende Broschüre stellt dem planenden Ingenieur ein Verfahren zur Bemessung von Wirbelabscheidern der Bauart UFT *FluidSep* als Ersatz für kleine Fangbecken in Misch- und Trennkanalisationen zur Verfügung. Das Verfahren vergleicht den Abscheider mit einem nach den Regeln der Technik (z.B. nach dem ATV-Arbeitsblatt A 128) konventionell bemessenen Fangbecken. Es geht vereinfachend von einem mittleren jährlichen Regenereignis aus und vergleicht die über den Beckenüberlauf bzw. über die Ringschwelle des Wirbelabscheiders in den Vorfluter ausgetragene Schmutzfracht. Neben den Eigenschaften des Kanalsedimentes werden dabei auch Effekte wie der Spülstoß berücksichtigt. Die zugrunde liegenden Abscheidekurven für den Wirbelabscheider sind das Ergebnis umfangreicher Modell- und Naturmessungen. Bei gleicher ausgetragener Schmutzfracht ergeben sich gegenüber einem konventionellen Fangbecken Volumeneinsparungen von typischerweise 30 - 50 %.

Neben der Volumenbestimmung wird auch das hydraulische Verhalten des Wirbelabscheiders beschrieben, sowie weitere Hinweise für die Anwendung gegeben. Die Beschreibung einiger ausgewählter Wirbelabscheideranlagen vervollständigt die Broschüre.

Résumé

La présente brochure met à disposition de l'ingénieur d'études une méthode de calcul et de détermination de séparateur vortex du type UFT *FluidSep*, comme solution alternative à de petits bassins de type piège en assainissement unitaire et séparatif.

La méthode compare le séparateur à un bassin de type piège déterminé par les règles techniques conventionnelles (par exemple selon la règle ATV A 128). La méthode, basée sur un événement pluvial moyen annuel unique, compare la charge de pollution déversée par le déversoir d'un bassin conventionnel à celle d'un déversoir circulaire de séparateur vortex vers un exutoire. Les particularités des sédiments de la canalisation ainsi que des effets tels que la pointe de rinçage sont pris en compte. Les courbes de séparation disponibles pour le séparateur vortex sont le résultat de nombreuses mesures en modélisation et sur site. Pour une même charge polluante déversée, il apparaît, par rapport à un bassin de rétention conventionnel, des économies de volume courantes de 30 à 50%.

D'autres éléments tels que le comportement hydraulique ainsi que les données pour son utilisation sont décrits en complément à la détermination du volume. La description de quelques installations sélectionnées de séparateurs à effet vortex complète cette brochure.

Synopsis

This brochure gives a dimensioning method for a vortex separator UFT *FluidSep*. It is used as an alternative to small first flush CSO tanks without clarifier overflow. The application covers also tanks of this type which are used in separate systems. The method compares the pollutant load in the overflow of the vortex separator with the load spilled by a conventional CSO tank which is designed by e. g. the German ATV A 128 standard. An average annual rain event is applied. Besides of the sewer sediment properties, also effects like a first flush are accounted for. The *FluidSep* separation efficiency curves on which the dimensioning method is based are derived from model tests as well as from prototype measurement campaigns. Typically, the vortex separator will save 30 - 50 % of volume compared with a conventional CSO tank at the same spilled pollutant load.

Besides of the determination of the necessary volume, also the hydraulic characteristics of the vortex separator are described. The brochure is completed by practical hints for application and by a description of selected separator projects.

1 Einleitung

1.1 Der Wirbelabscheider *FluidSep*

Eine Neuentwicklung der letzten Jahre im Bereich der Regenwasserbehandlung ist der Wirbelabscheider, eine Alternative zu klassischen Bauwerken der Regenwasserbehandlung, wie Regenüberlauf, Trennbauwerk, Fangbecken und Durchlaufbecken. Weltweit gibt es mittlerweile eine große Zahl von Installationen in verschiedenen Bauarten. Die vorliegende Veröffentlichung beschränkt sich auf die Wirbelabscheiderbauart *FluidSep*, die mit Unterstützung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg entwickelt wurde.

1 Introduction

1.1 Le séparateur à effet vortex *FluidSep*

Ces dernières années ont vu se développer une alternative aux ouvrages de traitement pluvial conventionnels comme les déversoirs d'orage et les bassins d'orage: le séparateur à effet vortex. Il existe au niveau mondial un grand nombre d'installations dans différentes configurations. La présente publication se limite aux séparateurs construits selon le modèle *FluidSep*, qui a été développé avec le soutien de l'Agence Régionale pour l'Environnement du Pays du Bade-Wurtemberg.

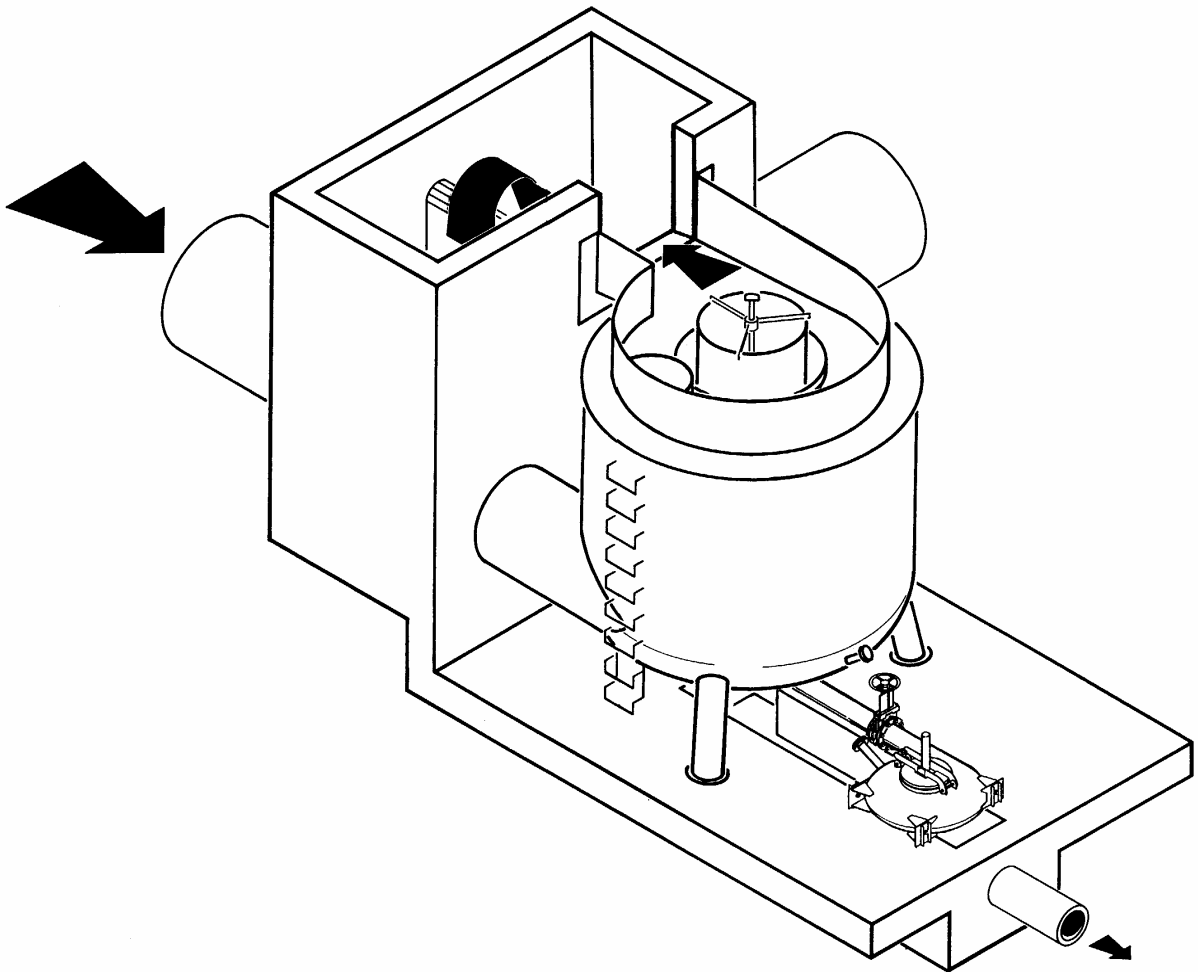


Bild 1: Ansicht eines Wirbelabscheiders *FluidSep*

Figure 1: Schéma de principe d'un séparateur à effet vortex de type *FluidSep*

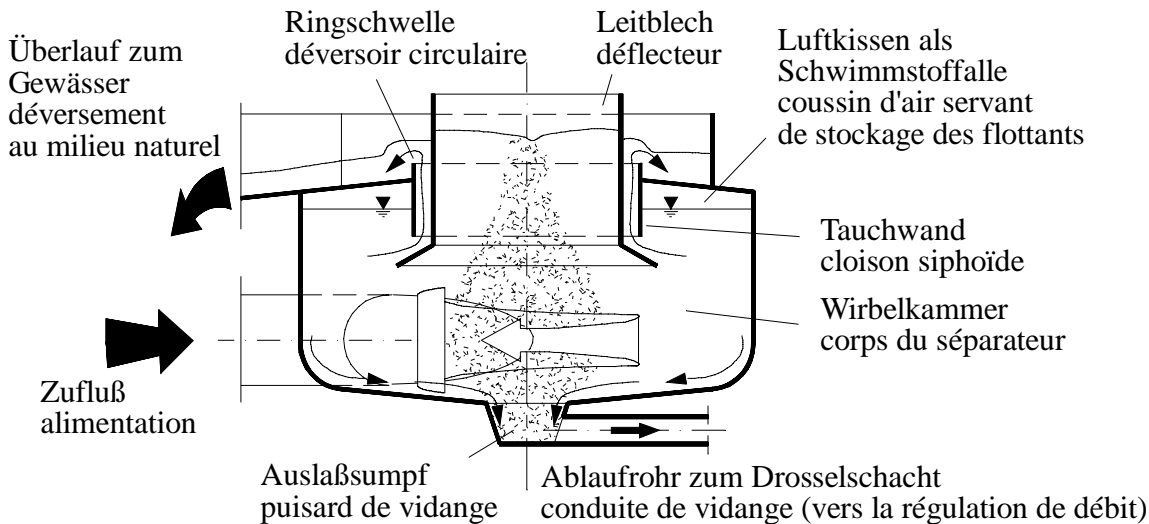


Bild 2: Schnitt durch einen Wirbelabscheider *FluidSep*

Figure 2: Coupe d'un séparateur à effet vortex *FluidSep*

Tabelle 1 zeigt die bereits vorhandenen *FluidSep*-Installationen. Die erste Pilotanlage in Tengen bei Singen/Hohentwiel arbeitet seit 1987 mit sehr gutem Erfolg, eine zweite wurde 1992 in Lauf bei Achern/Baden in Betrieb genommen, sowie eine dritte 1996 in Sasbachwalden. Im Elsaß existieren vier Anlagen, eine weitere wird 1997 fertiggestellt. Die Anlagen Tengen, Lauf und WIKI.RU wurden und werden auf ihren Rückhaltewirkungsgrad für Schmutz und auf ihr betriebliches Verhalten hin untersucht. In der Schweiz ist die Anlage Corminbœuf seit einiger Zeit in Betrieb, in Österreich gibt es einen Doppelabscheider in Mutters-Natters bei Innsbruck.

Le tableau 1 donne la liste des installations de type *FluidSep* en fonctionnement. L'installation Pilote de Tengen, près de Singen/Hohentwiel, fonctionne depuis 1987 avec un très bon rendement. Une deuxième a été mise en service en 1992 à Lauf près de Achern/Pays de Bade et une troisième à Sasbachwalden. En Alsace ont été construits à ce jour quatre séparateurs, une cinquième étant en cours d'achèvement (1997). Les installations de Tengen, Lauf et WIKI.RU ont fait l'objet d'un suivi pour en déterminer l'efficacité de rétention de pollution ainsi que les contraintes d'exploitation. En Suisse, l'installation de Corminbœuf est en service depuis quelque temps. En Autriche a été construit un double séparateur à Mutters-Natters près d'Innsbruck.

Auch in Norwegen und in den USA arbeiten *FluidSep*-Wirbelabscheider mit durchweg positiven Erfahrungen in Bezug auf Betrieb und Wirkungsgrad. Die Anlage Lincoln Park in Decatur, Illinois, USA (vier Abscheider mit je 13,4 m Durchmesser) war ebenfalls Gegenstand eingehender Feldversuche (DECATUR 1995). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen (speziell die der

D'autres installations fonctionnent également en Norvège et aux USA avec des expériences globalement positives quant à l'efficacité et aux contraintes de maintenance. L'installation de Lincoln Park à Decatur, Illinois (USA) comportant quatre séparateurs de 13,4 m de diamètre a également fait l'objet d'une étude de terrain (DECATUR 1995). Les résultats de

Anlagen Tengen und Decatur) sind in die Bemessungsdiagramme der vorliegenden Studie eingeflossen. In Kapitel 6 sind einige der beschriebenen Wirbelabscheideranlagen genauer vorgestellt.

ces études (en particulier, celles de Tengen et de Decatur) ont été intégrées dans les diagrammes de dimensionnement de la présente étude. Certaines des installations citées sont décrites plus en détail au chapitre 6.

Staat	Projekt	Anzahl	Typ	Durchmesser D in m	Max. Zufluß Q _{zu} in l/s	Betriebs- weise	Baujahr
Pays	Projet	Nombre	Type	Diamètre D en m	Débit nomi- nal Q _{zu} en l/s	Configuration	Année de réali- sation
D	Tengen	2	1	3,0	948	Parallel, HS	1987
D	Lauf	1	3	6,2	800	Kombi, HS	1992
D	Sasbachwalden	1	1	2,5	288	Solo, HS	1996
F	Wittenheim-Kingersheim- Ruelisheim (WI.KI.RU)	1	3	10,0	314	Solo, NS	1992
F	Saint-Louis (Neuweg)	1	3	10,0	1150	Solo, NS	1996
F	Village-Neuf	1	3	10,0	750	Solo, NS	1996
F	Altkirch	1	2	8,0	455	Solo, NS	1996
F	Wittelsheim-Staffelfelden- Richwiller (WL.STA.RI)	1	1	7,0	800	Kombi, NS	1997
A	Mutters-Natters	2	2	7,5	2150 + 780	Solo, HS	1994
CH	Corminbœuf	1	2	9,0	912	Solo, HS	1992
N	Stavanger Buøy kai	1	2	3,5	390	Solo, HS	1995
N	Stavanger Engøyklubben	1	2	3,0	200	Solo, HS	1995
N	Skjen	1	3	3,0	200	Solo, HS	1995
USA	Decatur, Illinois, 7th Ward	1	3	13,4	4951	Kombi, NS	1990
USA	Saginaw, Mich., 14th Street	3	2,5	11,0	8500	Kombi, NS	1991
USA	Decatur, Ill., Lincoln Park	4	2,5	13,4	18230	Kombi, NS	1990
USA	Decatur, Ill., Oakland Park	1	1,35	8,1	920	Solo, NS	1991
USA	Saginaw, Michigan, Weiss	1	3	11,0	2848	Kombi, NS	1992
USA	Cincinnati, Ohio, Daly Hd.	1	3	12,2	2973	Kombi, NS	1993
USA	New York City, C80 #3	1	3	13,1	5663	Solo, HS	1994
USA	Richmond, Virginia	1	1	2,6	150	Solo, HS	1995

Solo = nur Wirbelabscheider/séparateur en traitement unique
 Kombi = mit nachgeschaltetem Becken/séparateur avec un bassin
 HS = Hauptschlußanordnung/en connexion directe
 NS = Nebenschlußanordnung/en connexion latérale

Tabelle 1: Derzeit weltweit realisierte *FluidSep*-Wirbelabscheideranlagen

Tableau 1: Liste des installations de type *FluidSep* en fonctionnement

1.2 Funktion

Bild 2 zeigt einen schematischen Schnitt durch einen Wirbelabscheider der Bauart *FluidSep*. Der Abscheider besteht aus einer zylindrischen Kammer, in die das Abwasser tangential eingeleitet wird und in der sich eine Wirbelströmung aufbaut. Durch Sekundärströmungen und Grenzschichteffekte infolge der Wirbelströmung wird eine weitgehende Abscheidung der Sedimente aus dem zugeleiteten Wasser bewirkt ("Teetasseneffekt"). Das Leitblech stabilisiert die Wirbelströmung. Die abgeschiedenen Sedimente werden im Ablauf des Wirbelabscheiders aufkonzentriert. Das über die Ringschwelle überlaufende Wasser ist mechanisch vorgereinigt und kann entweder einem nachgeschalteten Becken oder direkt dem Vorfluter zugeführt werden. Die spezielle Anordnung des Leitbleches dient darüber hinaus als Schwimmstofffalle. Aufschwimmende Fremdkörper werden im Luftkissen gefangen und nach der Entleerung nach unterstrom weitergegeben. Verglichen mit einem Absetzbecken ist schließlich auch der betriebliche Vorteil zu nennen, denn die abwasserbürtigen Sedimente werden während eines Regenerationsereignisses nach unterstrom weitergeleitet. Der Wirbelabscheider ist weitgehend selbstreinigend.

1.3 Anordnungsmöglichkeiten für Wirbelabscheider

Für den Wirbelabscheider gibt es verschiedene Möglichkeiten der Anordnung (Bild 3). Die Wirbelabscheideranlage in Tengen wird von zwei gleichen, parallel geschalteten Abscheidern "solo" im Hauptschluß gebildet; sie dienen als Ersatz für ein kleines Fangbecken (Fall ①). Solche Anlagen können mit Hilfe der vorliegenden Bemessungsanleitung dimensioniert werden.

1.2 Fonctionnement

La figure 2 représente une coupe schématique au travers d'un séparateur du type *FluidSep*. L'ouvrage est composé d'une chambre cylindro-conique dans laquelle un mouvement de rotation se crée par le simple fait de l'introduction tangentielle des effluents. Par l'intermédiaire de courants secondaires et du fait de l'effet de couche limite due au mouvement vortex, on observe une séparation des sédiments de l'effluent admis au traitement (Effet "tasse de thé"). Le déflecteur a pour fonction de stabiliser le mouvement vortex. Les sédiments séparés se concentrent dans la vidange de l'ouvrage. Les effluents qui surversent par le déversoir circulaire ont subi un prétraitement physique et rejoignent soit un bassin de traitement complémentaire, soit directement le milieu récepteur. La configuration particulière du déflecteur sert également de piège à flottants. Les flottants sont piégés dans le coussin d'air et sont extraits lors de la vidange. En comparaison d'un bassin piège, on peut également noter l'avantage d'une reprise automatique des dépôts à la décrue de l'ouvrage. L'auto-curage de l'ouvrage est relativement performant.

1.3 Configurations possibles des séparateurs

Plusieurs types de configurations sont possibles comme le représente la figure 3. Cas ①: L'installation de traitement pluvial par séparation vortex de Tengen est constituée de deux séparateurs ("solo") en parallèle, en connexion directe. Ils remplacent un bassin piège classique. Ce type d'ouvrage peut être dimensionné à l'aide de la présente brochure.

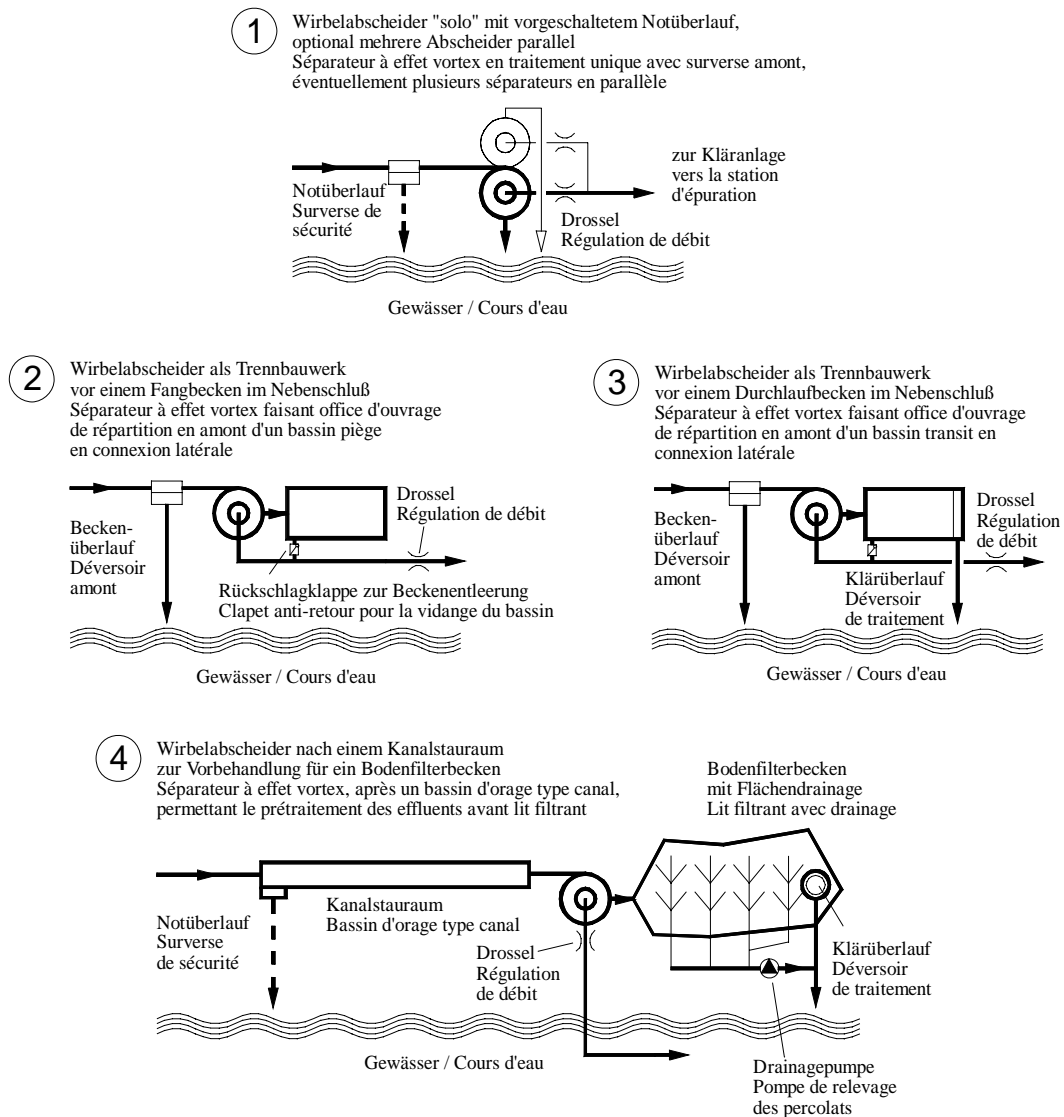


Bild 3: Einige grundsätzliche Anordnungsmöglichkeiten für Wirbelabscheider im Haupt- und Nebenschluß

Figure 3: Quelques configurations possibles pour des installations par séparation à effet vortex en connexion directe ou latérale.

Die Anlage in Lauf verwendet den Wirbelabscheider als Trennbauwerk im Hauptschluß. Das aus dem Abscheider überfließende Wasser füllt ein nachgeschaltetes Durchlaufbecken, das seinerseits im Nebenschluß angeordnet ist (Fall ③). Diese Anordnungsmöglichkeiten sind für Misch- wie auch für Trennkanalisationen denkbar. Der französische Abscheider WIKIRU ist "solo", aber im Nebenschluß angeordnet. Die Bemessung der letztgenannten Spezialanordnungen geht jedoch

Cas ③: L'installation de Lauf remplace le déversoir d'orage en amont du bassin d'orage, en connexion directe. Ainsi, les effluents prétraités dans le séparateur alimentent un bassin conventionnel de type transit en connexion latérale. Ces types de configurations sont applicables tant aux réseaux pluviaux qu'aux réseaux unitaires. Le séparateur du WIKIRU en France est un ouvrage de traitement pluvial à étage unique, en connexion latérale. Le dimensionnement de ces configurations

über den Rahmen dieser Broschüre hinaus.

1.4 Abscheiderfamilie

Die hier betrachtete Wirbelabscheider-Bauart *FluidSep* ist eine Familie von Abscheidern, die grundsätzlich ähnlich aufgebaut sind, sich aber in ihrer Geometrie unterscheiden.

Die Typenbezeichnung ergibt sich jeweils aus dem ungefähren Verhältnis von Wirbelkammerdurchmesser zu Wirbelkammerhöhe. Bislang umfaßt die Familie vier Typen, nämlich *FluidSep* 0,5, 1, 2 und 3, die aufgrund der örtlichen Gegebenheiten gewählt werden können. Je nach Größe und Typ des Wirbelabscheiders kann das Gerät als Stahl-, Beton-, HDPE- oder GFK-Fertigteil hergestellt, und am Einbauort mit einem Kran versetzt werden.

Bei größeren, nicht mehr transportierbaren Einheiten ist eine Konstruktion aus Ort beton (wie in Lauf und WIKIRU) oder auch aus Betonfertigteilen möglich. Die Leitebleche werden dann nachträglich in den Rohbau eingehängt.

particulières dépasse cependant le cadre de cette brochure.

1.4 Famille de séparateurs

Les séparateurs à effet vortex de type *FluidSep* étudiés dans ce document composent une famille de séparateurs construits selon un même modèle, avec des caractéristiques géométriques variables.

La caractérisation par type repose sur le rapport approximatif du diamètre de l'ouvrage rapporté à sa hauteur. Aujourd'hui, la famille comprend 4 types, à savoir *FluidSep* 0,5, 1, 2 et 3 (fig. 4), parmi lesquels on choisit en fonction des caractéristiques locales de l'installation projetée. Suivant le type et la taille de l'ouvrage, celui-ci pourra être préfabriqué en acier, en béton armé, en PEHD ou en fibre de verre/résine et mis en place par l'intermédiaire d'une grue.

Pour des installations plus importantes, comme pour Lauf et WIKIRU, la préfabrication totale n'est plus envisageable: l'ouvrage en béton est alors réalisé sur place. Les déflecteurs et les cloisons siphonides en tôle sont ensuite fixés au génie civil.

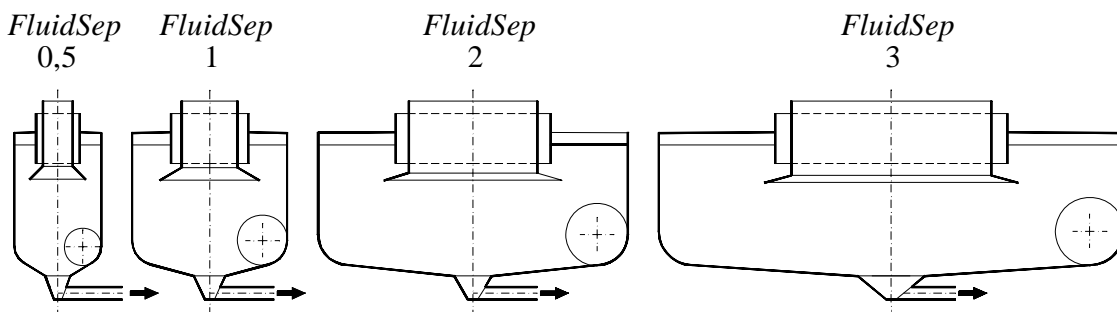


Bild 4: Abscheiderfamilie *FluidSep*
Figure 4: Famille des séparateurs *FluidSep*

1.5 Einsatzpräferenzen

Aufgrund der Bauhöhe zwischen Drosselablauf und Überlaufkante, die für ein gewünschtes Volumen für jeden Typ festliegt, eignet sich der Wirbelabscheider besonders vorteilhaft als Ersatz für kleine konventionelle Fangbecken bis ca. 200 m³ Volumen. Größere Wirbelabscheider, etwa ab 10 m Durchmesser beim Typ 3, erfordern wie beim französischen W.I.K.I.R.U.-Projekt Pumpenbetrieb und die Nebenschlußanordnung des Abscheiders mit einem zusätzlichen Trennbauwerk, wodurch die Baumaßnahme und auch der Betrieb verteuert wird.

Wirbelabscheider an Stelle eines Durchlaufbeckens oder als Vorbehandlungseinheit vor einem Fang- oder Durchlaufbecken können nur mit Hilfe einer Schmutzfrachtberechnung simuliert werden, wobei spezielle Routinen das Abscheideverhalten des Wirbelabscheiders nachbilden. Sie sind daher nicht Gegenstand dieser Bemessungsanleitung.

1.5 Domaine d'utilisation préférentiel

Le séparateur vortex est plus particulièrement adapté au remplacement de bassins pièges conventionnels jusqu'à environ 200 m³ de capacité, du fait des hauteurs d'ouvrages entre le radier de la conduite de vidange et la crête déversante, définies en fonction du type retenu. Des séparateurs plus grands, à partir de 10 mètres de diamètre, impliquent, comme dans le cas du W.I.K.I.R.U., une vidange pompée et une configuration en connexion latérale, avec des coûts d'investissement et d'exploitation plus importants.

Le cas de séparateurs, en remplacement des ouvrages de type bassin transit ou réalisant un prétraitement en amont de bassins pièges ou de transit, ne peut être traité que par une modélisation du transport de pollution qui devra intégrer un module spécifique décrivant la séparation à effet vortex. Ce cas n'est pas traité dans ce document.

Das in dieser Broschüre vorgestellte Bemessungsverfahren beschränkt sich auf die häufigste Anordnung eines Wirbelabscheiders, der "Solo-Ausführung," als Ersatz für ein Fangbecken mit bis zu ca. 200 m³ Volumen.

La méthode de dimensionnement présentée dans cette brochure est limitée au cas le plus fréquemment rencontré: une alternative mono étage (traitement uniquement par séparation à effet vortex) à un bassin de type piège d'un volume inférieur à 200 m³ environ.

Besonders interessant ist der Wirbelabscheider für Regenwasserbehandlungsanlagen für *sehr kleine Einzugsgebiete von nur wenigen ha abflußwirksamer Fläche*. Hierfür wären kleine Fangbecken mit einem rechnerischen Volumen von weniger als 50 m³ erforderlich, die konventionell in Ortbeton ausgeführt, relativ hohe Kosten pro m³ Beckenvolumen verursachen. Ein Wirbelabscheider spart einerseits Volumen ein und kann andererseits in dieser Größe

La séparation à effet vortex est particulièrement intéressante comme traitement pluvial à l'exutoire de *bassins versants de très faible surface active*. Dans ces cas, il serait nécessaire d'installer de petits ouvrages pièges, avec des volumes calculés pouvant même être inférieurs à 50 m³, réalisés en béton coulé en place, avec des coûts au m³ stocké relativement élevés. Un séparateur à effet vortex permet d'une part un gain de

als Fertigteil und damit sehr kostengünstig ausgeführt werden. Auch die Betriebskosten sind wegen des selbstreinigenden Abscheiders günstiger. Somit stellt gerade dieser Größenbereich für im Werk vorgefertigte Wirbelabscheider einen idealen Einsatzbereich dar.

Ein weiterer Vorteil ist der geringe Platzbedarf der kompakten Anlagen.

Die Lücke zwischen Regenüberlauf und kleinem Fangbecken läßt sich mit Wirbelabscheidern wirtschaftlich schließen - kleine Stauvolumina mit relativ großem Drosselabfluß. Im Zusammenhang mit einer Schmutzfrachtberechnung sind solche "*Becken-Regenüberlauf-Hybride*" sehr interessant.

Regenklärbecken in der Trennkanalisation sollen die Abflüsse von stark verschmutzten Oberflächen vor einer Entlastung in das Gewässer mechanisch vorreinigen bzw. einen Spülstoß speichern. Regenklärbecken (RKB) gibt es als Becken mit oder ohne Dauerstau. Becken ohne Dauerstau lassen sich ebenfalls als Wirbelabscheider ausführen, wenn die aufkonzentrierten Schmutzstoffe bei eingestautem Becken kontinuierlich in den Schmutzwasserkanal abgeführt werden können. Mehr darüber in Kapitel 5 dieser Broschüre.

volume, et d'autre part, une construction préfabriquée pour la plus part des cas considérés. De plus, les coûts d'exploitation sont réduits du fait de l'autocurage de l'ouvrage. L'est ainsi cet ordre de grandeur du séparateur à effet vortex préfabriqué qui constitue un domaine d'utilisation parfait.

Un autre avantage réside dans la diminution importante de l'emprise foncière, du fait de la compacité de telles installations.

La transition entre le déversoir d'orage et un petit bassin piège peut être avantageusement réalisée à l'aide d'un séparateur (faible volume pour un débit de fuite important). Ces *bassins-déversoirs hybrides* sont particulièrement intéressants dans le cas de modélisation de transport de pollution.

Les bassins de traitement installés sur des réseaux d'eaux pluviales ont pour but le prétraitement physique des eaux de ruissellement provenant des surfaces imperméables fortement polluées et, le cas échéant, le stockage du premier flot de rinçage avant rejet au milieu récepteur. On distingue les ouvrages qui se vident en fin d'événement de ceux qui restent pleins en permanence. Les premiers peuvent être réalisés sous forme de séparateur à effet vortex, si le concentrat a la possibilité d'être évacué en continu vers le réseau d'eaux usées. Le chapitre 5 reprend ce cas de figure en détail.

2 Bemessung eines Wirbelabscheiders in "Solo"-Anordnung

Die erforderliche Größe eines Wirbelabscheiders für eine gegebene Situation ist von seinem Abscheideverhalten abhängig. Die Wirbelabscheideranlage sollte den gleichen Schmutzrückhalt wie eine konventionelle Beckenlösung gewährleisten. Im folgenden soll ein Bemessungsverfahren vorgestellt werden, das einen Wirbelabscheider "solo" im Vergleich zu einem konventionellen Fangbecken mit oberliegender Entlastung bemißt. Um mit dem ATV-Arbeitsblatt A 128 kompatibel zu sein, ist die Zielgröße die Jahresfracht an CSB.

Das Verfahren geht vereinfachend von einem mittleren jährlichen Regenereignis aus und vergleicht die Entlastungsschmutzmenge von Fangbecken und Wirbelabscheider. Beim Fangbecken ist die Speicherwirkung für die Begrenzung dieser Entlastungsschmutzmenge entscheidend. Im Falle eines Wirbelabscheiders mit kleinerem Volumen ist die Speicherwirkung geringer, dafür wird aus dem zulaufenden Wasser aber ein Teil der Sedimente abgeschieden. Das Bemessungsverfahren arbeitet also unmittelbar mit den absetzbaren Stoffen im Abwasser. Um auf die Zielgröße CSB zu kommen, wird angesetzt, daß die CSB-Fracht zu einem großen Teil durch die absetzbaren Feststoffe gebildet wird. Der Anteil CSB, der durch die im Wasser gelösten und daher nicht absetzbaren Stoffe hervorgerufen wird, wird gesondert berücksichtigt.

In dieser Broschüre soll das Verfahren quasi als "Kochrezept" vorgestellt werden. Theorie und Entwicklung der Bemessungsmethode sind ebenso wie die Herkunft der Bemessungsdiagramme in einem internen Forschungsbericht UFT (1997) der Firma Umwelt- und Fluid-Technik zusammengefaßt.

2 Dimensionnement d'un séparateur à effet vortex en traitement unique

Le volume utile d'un séparateur dépend de son efficacité de séparation. Le séparateur devrait avoir la même efficacité de rétention de pollution qu'aurait un bassin classique installé dans les mêmes conditions. Il convient donc de proposer une méthode de dimensionnement reposant sur une équivalence d'efficacité par rapport à un bassin piège conventionnel (avec déversoir amont), dans le cas d'un traitement par séparation à effet vortex uniquement. La grandeur de référence est le flux annuel de DCO, de manière à rester cohérent avec la norme ATV A 128.

Le choix d'un événement pluvieux annuel permet d'estimer de manière simplifiée les flux annuels rejetés dans les deux cas de figure. Dans le cas du bassin piège, c'est la fonction stockage qui est importante pour la réduction des flux rejetés. Dans le cas d'un séparateur, la diminution de la fonction stockage du fait d'un volume plus réduit est compensée par une séparation d'une partie des sédiments. Le principe de dimensionnement est donc directement lié aux caractéristiques des sédiments présents dans l'effluent. Pour arriver à l'objectif en terme de DCO, il est admis qu'une grande part de DCO est contenue dans les matières décantables. Le pourcentage de DCO en solution dans l'effluent, non décantable, est pris en compte de manière différente.

Dans cette brochure, la méthodologie doit être présentée quasiment sous forme de "recette de cuisine". La théorie, les développements et la provenance des diagrammes de dimensionnement sont résumés dans un compte rendu de recherche interne à UFT (1997).

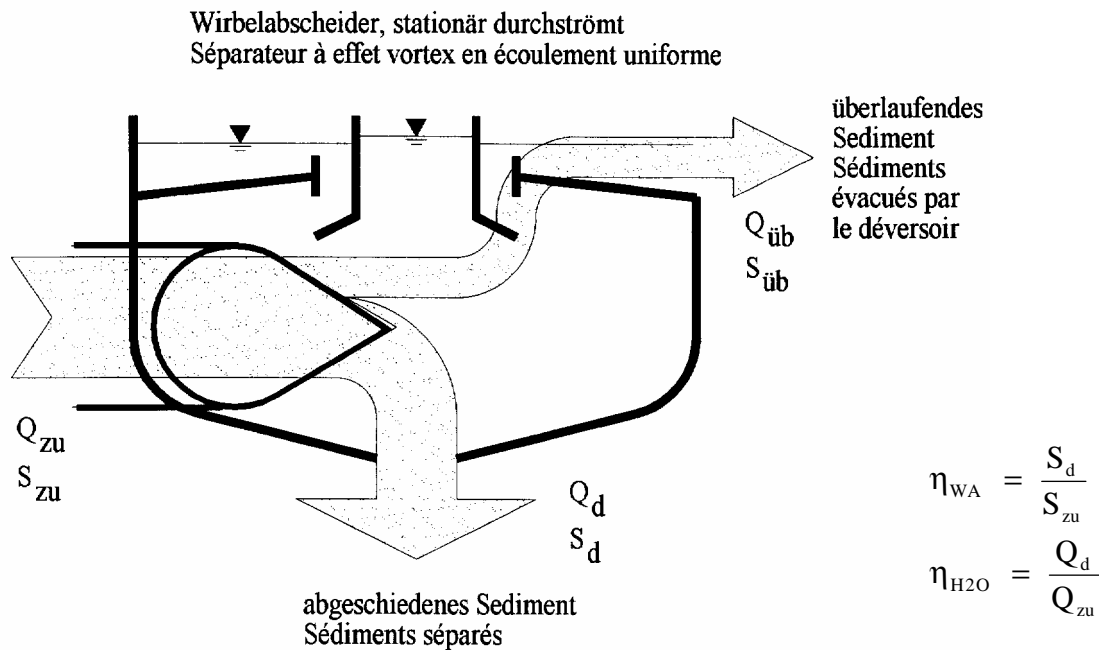


Bild 5: Zur Definition des Abscheidewirkungsgrades
Figure 5: Définition de l'efficacité de la séparation

Zunächst einige grundlegende Begriffe:

- Ein Teil des Zuflusses Q_{zu} fließt als konstant angesetzter Drosselabfluß Q_{d} zur Kläranlage (Ablauf), während die Differenz $Q_{\text{üb}} = Q_{\text{zu}} - Q_{\text{d}}$ über die Ringschwelle in den Vorfluter entweicht (Überlauf).
- Der Index "zu" bezeichnet allgemein den Zufluß; bei der Bemessung wird für Q_{zu} ein Bemessungszufluß Q_{b} angesetzt.
- Das *Wasser - Aufteilungsverhältnis* $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = Q_{\text{d}}/Q_{\text{zu}}$ bezeichnet den Anteil des Zuflusses, der weitergeleitet wird. $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1$ bedeutet, daß kein Wasser aus dem Abscheider überläuft.
- Mit dem Wasser bewegen sich die Schmutzstoffe, wobei diese wegen der Abscheidewirkung im Ablauf stärker konzentriert sind als im Zulauf.

Précisons quelques notions fondamentales:

- Une partie du débit Q_{zu} qui afflue sur l'installation est réglée à la valeur Q_{d} vers la station d'épuration, tandis que l'excédent $Q_{\text{üb}} = Q_{\text{zu}} - Q_{\text{d}}$ est rejeté au milieu récepteur par l'intermédiaire du déversoir circulaire.
- L'indice "zu" caractérise normalement le débit qui arrive sur l'installation; lors du dimensionnement, on définit un débit nominal Q_{b} en relation avec le débit qui afflue.
- Le *coefficient de répartition* $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = Q_{\text{d}}/Q_{\text{zu}}$ définit la part du débit arrivant qui est conservé à l'aval de l'installation et traité en station d'épuration. Un rapport $\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1$ indique que le séparateur ne peut déverser.
- Les particules polluantes tournent avec l'eau, avec une concentration plus forte à la vidange qu'à l'alimentation.

- Der *Abscheidewirkungsgrad* η_{WA} der Anlage ist als Verhältnis der durch die Drossel weitergeleiteten Schmutzfracht SF_d in kg zur zugeführten Schmutzfracht SF_{zu} definiert. Wir gehen idealisierend von stationären Verhältnissen zu jedem Zeitpunkt aus. Deshalb darf statt der Schmutzfrachten in kg auch der Schmutzfluß S in kg/s angesetzt werden¹, $\eta_{WA} = S_d/S_{zu}$ (Bild 5).
- Der Abscheidewirkungsgrad η_{WA} ist abhängig vom Zufluß Q_{zu} , wie auch vom Drosselabfluß Q_d . Daneben spielen auch die Eigenschaften des Sedimentes eine Rolle, ausgedrückt durch eine maßgebende Sinkgeschwindigkeit v_s , sowie natürlich Typ und Durchmesser D des betrachteten Wirbelabscheiders.
- Für η_{WA} gilt stets $\eta_{H_2O} < \eta_{WA} < 1,0$. Bei extrem großen Zuflüssen bewegt sich das Sediment fast ohne Abscheidewirkung im gleichen Verhältnis wie das Wasser; η_{WA} ist hier nur wenig größer als η_{H_2O} . Der Abscheider kann in diesem Grenzfall als ein "voll durchmischter Reaktor" betrachtet werden.
- L'efficacité de séparation η_{WA} de l'installation est le rapport de la charge polluante à la vidange SF_d rapportée à la charge polluante introduite SF_{zu} . Nous admettons, de manière simplificatrice, des conditions uniformes à chaque instant. On peut alors adopter la charge instantanée S , en kg/s, en remplacement de la charge totale en kg, avec $\eta_{WA} = S_d/S_{zu}$ ¹ (fig. 5).
- L'efficacité de séparation η_{WA} dépend du débit d'alimentation Q_{zu} et du débit conservé Q_d . Les caractéristiques des sédiments, en particulier la vitesse de sédimentation v_s , et celles du séparateur, diamètre et type, ont une influence particulière sur le dimensionnement.
- On a, en principe, la relation suivante: $\eta_{H_2O} < \eta_{WA} < 1,0$. Pour des débits très importants, les sédiments transitent par l'ouvrage pratiquement sans séparation, et se comportent comme l'eau; η_{WA} est alors très proche de η_{H_2O} . Le séparateur peut alors être comparé à un réacteur à mélange intégral.

Das Bemessungsverfahren gründet sich auf dimensionslosen Wirkungsgrad-Kennlinien, die an Modellversuchen gewonnen wurden, und anhand von Messungen an zwei großtechnischen Anlagen (Tengen und Decatur, Lincoln Park) auf die Großausführung umgerechnet wurden. Maßstabeffekte, wie die ungenügende Reynolds-Ähnlichkeit, werden dadurch größtenteils kompensiert, während der Unterschied zwischen unterschiedlichen Abscheidertypen durch den Vergleich der Modellversuche wiedergegeben wird.

Das Verfahren setzt, wie bereits erwähnt, ein *mittleres Jahresregenereignis* an. Die

Le dimensionnement est basé sur des abaques adimensionnels, établis à l'aide d'essais sur modèles, et sur des campagnes de mesure sur deux installations pilotes (Tengen et Decatur Lincoln Park) qui ont permis une analyse en taille réelle. Les effets d'échelle, comme les équivalences insuffisantes au niveau du nombre de Reynolds, peuvent ainsi être compensés dans la plupart des cas, tandis que les différences entre les divers types de séparateur ont été analysées sur modèle réduit.

La méthode est basée sur la détermination d'un *événement moyen annuel*. Les

¹ Bei konstantem Zufluß ist der Wirkungsgrad von der Zulaufkonzentration unabhängig. Deshalb darf statt eines momentanen Schmutzflusses auch die Fracht betrachtet werden. Vgl. hierzu auch BROMBACH (1987) und GEIGER und HÜBNER (1995). A débit constant, l'efficacité dépend de la concentration à l'entrée de l'ouvrage. C'est la raison pour laquelle il est possible de considérer la charge totale en lieu et place de la charge instantanée. Voir BROMBACH (1987) et GEIGER et HÜBNER (1995).

Variation des jährlichen Abflußgeschehens wird nicht berücksichtigt, doch ist dieser Effekt durch den Vergleich eines Fangbeckens mit dem Wirbelabscheider unter der gleichen Annahme zum großen Teil kompensiert. Anders verhält es sich jedoch mit Spülstoßeffecten: In einem Fangbecken werden die stark verschmutzten Spülstöße, die zu Beginn eines Regens auftreten können, gespeichert und gelangen nicht in den Vorfluter, weil der Beckeninhalte nach Regenende zur Kläranlage weitergeleitet wird. Ein Wirbelabscheider muß im Gegensatz dazu auch das Wasser des *first flush* reinigen. Dieser Unterschied wird im Verfahren berücksichtigt.

Weitere Effekte, die mit entsprechenden Ansätzen eingehen, sind

- eine gewisse Abscheidewirkung des Beckenüberlaufes beim Fangbecken,
- der bereits erwähnte Effekt, daß die Zielgröße CSB-Entlastungsfracht nur zu einem Teil an die absetzbaren Stoffe gebunden ist, während sich der Rest als extrem feine, nicht absetzbare Fraktion oder in Form von gelösten Stoffen mit dem Wasser bewegt, und vom Wirbelabscheider nicht entfernt werden kann.

Das im folgenden beschriebene Bemessungsverfahren geht von einer Anwendung des Wirbelabscheiders als Regenüberlaufbecken in der Mischkanalisation aus. Die Vorgehensweise bei einer Verwendung des Abscheiders als Regenklärbecken in Trennkanalisationen ist in Kap. 5 beschrieben.

2.1 Bemessung eines Fangbeckens an Stelle des Wirbelabscheiders

Als erster Schritt wird ein konventionelles Regenüberlaufbecken als Fangbecken bemessen. Dies kann anhand der Gebietsdaten gemäß Arbeitsblatt A 128 oder auch nach

variationen hydrologiques au cours de l'année ne sont pas prises en compte. Cependant, celles-ci sont compensées en grande partie en comparant, sous des hypothèses identiques, le bassin piège et le séparateur à effet vortex. Il n'en est pas de même pour le premier flot de rinçage: dans un bassin piège, le premier flot d'orage, particulièrement chargé, est stocké dans l'ouvrage et n'est pas rejeté au milieu récepteur mais évacué totalement vers la station d'épuration en fin d'événement pluvieux, tandis qu'un séparateur à effet vortex traite le premier flot de rinçage au fil de l'eau. Cette différence est prise en compte dans la méthode.

D'autres particularités, décrites par des algorithmes spéciaux dans la méthode, sont:

- une certaine efficacité du déversoir d'orage dans le cas d'un bassin piège,
- l'objectif exprimé en charge déversée de DCO n'est qu'en partie lié aux matières décantables; le reste de la DCO qui se trouve sous forme de particules trop fines pour décanter ou sous forme soluble dans l'eau ne peut être séparé dans un séparateur.

La méthode de calcul développée par la suite se rapporte à une utilisation de la séparation à effet vortex comme traitement pluvial dans un réseau de type unitaire. Le dimensionnement dans le cas d'un réseau pluvial fait l'objet du chapitre 5.

2.1 Dimensionnement d'un bassin piège à la place d'un séparateur à effet vortex

On commence par dimensionner un bassin piège classique. Pour cela, on peut utiliser la règle ATV A 128 ou la circulaire GABL. (1983) du Pays du Bade-

der bisherigen baden-württembergischen Landesrichtlinie GABL. (1983) erfolgen. Der Abfluß der Drossel Q_d ist vorher zu wählen, z.B. als $Q_d = 2Q_s + Q_f$, wobei größere Werte für Q_d das Beckenvolumen verkleinern. Ergebnis ist (abhängig vom gewählten Bemessungsverfahren) das spezifische Volumen dieses Fangbeckens V_s in m^3/ha_{red} .

Für den gegenseitigen Vergleich Becken - Wirbelabscheider wird weiterhin die Entlastungsrate $e_{0,FB} = f(q_r, V_s)$ gemäß A 128 benötigt. Wurde das Fangbecken nach A 128 bemessen, liegt diese Größe bereits vor. Kam aber z.B. die baden-württembergische Richtlinie zur Anwendung, bestimmt man zunächst die Regenabflußspende $q_r = (Q_d - Q_{l24} - Q_{rT24})/A_u$, wobei Q_d der Drosselabfluß und Q_{l24} das 24-h-Mittel des Trockenwetterabflusses ist, während Q_{rT24} der Regenabfluß aus Trenngebieten ist (Definitionen dieser Größen nach A 128). Die Regenabflußspende ist also der Mehrabfluß, den die Drossel über den Trockenwetterabfluß hinaus weiterleiten kann, bezogen auf die angeschlossene undurchlässige Fläche des Einzugsgebietes. Aus Bild 6 kann mit bekanntem V_s die gesuchte Entlastungsrate $e_{0,FB}$ entnommen werden. Auf die Gültigkeitsgrenzen dieses Diagrammes ist zu achten.

Wurtemberg, à l'aide des paramètres du bassin versant. Il faut définir préalablement le débit de fuite Q_d , par exemple $Q_d = 2 Q_s + Q_f$, avec Q_f = débit d'eaux claires et Q_s = débit d'eaux usées (En France: souvent $Q_d = 3Q_s + Q_f$) en sachant que le volume du bassin diminue lorsque le débit de fuite augmente. Le résultat, dépendant de la méthodologie retenue, s'exprime sous forme d'un volume spécifique V_s en m^3/ha_{red} .

Pour permettre la comparaison bassin-séparateur, il faut également déterminer le coefficient de déversement $e_{0,FB} = f(q_r, V_s)$ conformément à ATV A 128. Si le dimensionnement a été effectué par ATV A 128, cette grandeur est connue. Dans le cas, par exemple, de la norme du Bade-Wurtemberg, on détermine d'abord l'intensité de pluie spécifique $q_r = (Q_d - Q_{l24} - Q_{rT24})/A_u$, Q_d étant le débit conservé, Q_{l24} le débit moyen de temps sec et Q_{rT24} le débit pluvial en provenance des réseaux pluviaux (inversions de branchement ou autres). Alors, l'intensité de pluie spécifique représente la différence entre le débit conservé vers la station d'épuration et le débit de temps sec, rapportée à la surface imperméable du bassin versant raccordé. La définition de ces grandeurs est décrite dans la règle ATV A 128. La figure 6 permet d'obtenir le coefficient de déversement $e_{0,FB}$ en fonction de V_s . Il faut veiller à respecter les limites d'utilisation de ce diagramme.

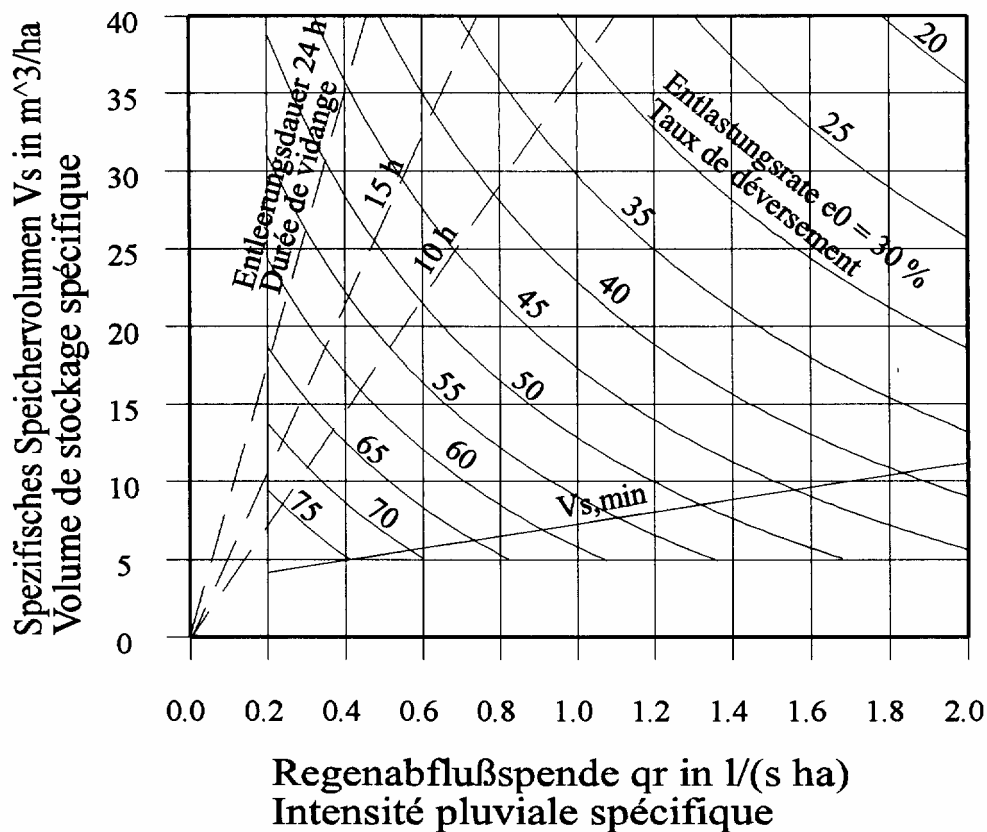


Bild 6: Jahres-Entlastungsrate in Abhängigkeit der weitergeleiteten Regenabflußspende und des spezifischen Volumens (Bild 13 des Arbeitsblattes A 128, 1992).

Figure 6: Coefficient de déversement annuel en fonction de l'intensité de pluie spécifique et du volume spécifique (Fig. 13 de la règle ATV A 128, 1992).

2.2 Maßgebendes mittleres Jahresregenerereignis, Bemessungsabfluß Q_b

Das maßgebende mittlere Jahresregenerereignis führt zu einem Zufluß zum Fangbecken bzw. zum Wirbelabscheider, der als konstant angesetzt wird. Weil der Großteil der jährlich niedergehenden Regen schwache Ereignisse sind, ist die Regenspende dieses Bemessungsereignisses sehr gering. PECHER (1988) gibt Schätzwerte für die jährliche Gesamtregendauer und Regenanzahl an. Beträgt z.B. die Niederschlagshöhe $N_A = 800$ mm, ist die Gesamtdauer $D_A = 800$ h/a und die Regenanzahl $R_A = 0,23 \cdot 800 = 184$ Regen/a. Das bedeutet eine mittlere Dauer pro Ereignis von 4,34 h bei einer mittleren Regenspende von $800 \text{ mm} / 800 \text{ h} = 1 \text{ mm/h} = 2,78 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$. Eine andere

2.2 Événement moyen annuel de référence, débit conservé Q_b

L'événement moyen annuel de référence produit un débit, supposé constant, qui alimente le bassin piège ou le séparateur à effet vortex. Comme la plus grande part des événements pluviaux précipités sur une année est composée d'événements de faible importance, l'intensité correspondant à cet événement moyen annuel est évidemment très faible. PECHER (1988) donne des indications en durée de pluie annuelle pluvieuse et le nombre d'événements. Ainsi, pour une hauteur précipitée annuelle de $N_A = 800$ mm, la durée totale $D_A = 800$ h/a et le nombre d'événements $R_A = 0,23 \cdot 800 = 184$ averses/a. Ceci nous donne alors une durée moyenne par

Quelle ist KRAUTH (1979), nach der etwa 50 % der jährlichen Niederschlagsmenge des Untersuchungsgebietes Büsnau bei Abflußspenden kleiner als 7,0 l/(s·ha) zum Abfluß kommen. Die "Wahrheit" ließe sich nur durch eine Regenstatistik ermitteln, die jedoch zum Zweck einer Bemessung zu aufwendig ist; überdies wäre sie vom jeweiligen Ort abhängig.

Auf der sicheren Seite liegend werden Muldenverluste vernachlässigt, also $N_{\text{eff}} = N_A$ angenommen. Weiterhin muß berücksichtigt werden, daß die größeren Abflüsse überproportional mehr zum Sediment- und damit auch Schmutztransport beitragen als die kleinen; der Bemessungsabfluß muß daher größer angesetzt werden als ein rein hydrologischer Mittelwert für die Regenspende, die zwischen den oben angeführten Werten angesetzt wird. Der Bemessungsabfluß Q_b wird mit diesen Maßgaben folgendermaßen gewählt:

$$Q_b = \frac{Q_{t24} + Q_{\text{rkrit}}}{2} \quad (1)$$

Dabei ist Q_{t24} der 24-h-Mittelwert des Trockenwetterabflusses. $Q_{\text{rkrit}} = r_{\text{krit}} \cdot A_u$ ist der kritische Regenabfluß, der mit einer kritischen Regenspende von $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s·ha)}$ berechnet wird (Definitionen dieser Größen gemäß A 128). Zu diesem Bemessungsabfluß korrespondiert eine Regenspende von $r_b = Q_{t24}/(2 \cdot A_u) + r_{\text{krit}}/2$, was einen Wert von etwas weniger als 7,5 l/(s·ha) ergibt und damit etwa der Angabe nach KRAUTH entspricht. Der obrige Ansatz erscheint daher akzeptabel.

événement de 4,34 h pour une intensité moyenne annuelle de 800mm/800h = 1 mm/h = 2,78 l/(s·ha). Une autre source est KRAUTH (1979), selon laquelle environ 50% des volumes annuels précipités sur le domaine d'étude de Büsnau sont produits par des averses dont l'intensité est inférieure à 7,0 l/(s·ha). La réalité ne pourrait être décrite qu'au travers d'une statistique pluviométrique, trop fastidieuse pour un simple dimensionnement; de plus elle dépendrait de la localisation géographique de chaque projet.

Les pertes par rétention sont négligées (hypothèse défavorable), de telle sorte que $N_{\text{eff}} = N_A$. Ensuite, il faut également tenir compte de la meilleure aptitude au transport solide, donc au transport de pollution des grands débits par rapport aux faibles écoulements; il faudra donc retenir un débit nominal (pour lequel sera effectué le dimensionnement) plus grand que celui obtenu en appliquant une moyenne purement hydrologique de l'intensité pluviométrique (située entre les valeurs précédemment présentées). Le débit nominal s'exprime alors:

Q_{t24} représente le débit de temps sec moyen sur 24 heures, tandis que $Q_{\text{rkrit}} = r_{\text{krit}} \cdot A_u$ est le débit critique, calculé avec une intensité de pluie critique de $r_{\text{krit}} = 15 \text{ l/(s·ha)}$ (Cf. Règle ATV A 128). A ce débit nominal correspondra une intensité de $r_b = Q_{t24}/(2 \cdot A_u) + r_{\text{krit}}/2$, ce qui, en pratique, conduit à une valeur d'un peu moins de 7,5 l/(s·ha), confirmant dans les grandes lignes les données de KRAUTH. L'hypothèse ci-dessus semble donc acceptable.

2.3 Vorabschätzung der Wirbelabscheidergröße

Das Bemessungsverfahren ist iterativ, deshalb muß vorab eine Wirbelabscheider-Größe geschätzt werden. Der gewählte Typ richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Wird an einen Fertigabscheider gedacht, ist Typ 1 oder 0,5 richtig, während für Ortbetonabscheider und solche mit größerem Volumen die Typen 2 oder 3 zu wählen sind. Auch die zulässige Höhe des Überlaufs im Bezug zum Zulauf spielt eine Rolle, die bei Typ 3 kleiner ist als bei den gedrungeneren Typen.

Weiterhin ist zu beachten, daß gleiche Volumina bei unterschiedlichen Typen nicht automatisch gleiche Wirkungsgrade bedeuten, vielmehr schneiden bei gleichem Volumen die "flachen" Typen 2 und 3 besser ab als Typ 1. Sie haben dann aber auch einen größeren Durchmesser als der kompakte Typ 1. Als erste Schätzung kann von etwa 2/3 des erforderlichen Fangbeckenvolumens ausgegangen werden. Für die Bemessung wird die Oberfläche und das Volumen des gewählten Abscheiders benötigt.

Bei jedem Wirbelabscheider-Typ stehen alle Maße in einem festen Verhältnis zum Wirbelkammerdurchmesser D , nicht zu verwechseln mit dem Einlaufdurchmesser d . Aus den Anlagen 1 bis 4 sind die für eine Vorplanung wichtigsten Abmessungen zu ersehen. Die Volumina der Wirbelabscheidertypen errechnen sich aus dem Wirbelkammerdurchmesser D gemäß Tabelle 2.

2.3 Prédimensionnement de la taille du séparateur à effet vortex

La méthode de calcul étant itérative, un prédimensionnement s'impose. Le type retenu dépend des spécificités locales du projet. Si un séparateur préfabriqué est pressenti, on retiendra le type 0,5 ou 1; à l'inverse, pour des séparateurs de grande capacité en béton coulé sur place, on optera pour les types 2 ou 3. La dénivellée entre la surverse et l'alimentation est également déterminante, celle-ci étant plus faible pour le type 3 que pour les autres types.

Des séparateurs de même volume mais de type différents n'ont pas automatiquement des efficacités identiques; bien au contraire, les types 2 et 3, à volume constant, séparent bien plus efficacement que le type 1. Une première approximation permet d'estimer le volume requis à 2/3 environ du volume d'un bassin piège. Le dimensionnement nécessite la connaissance de la surface horizontale et du volume du séparateur retenu.

Pour un type donné, l'ensemble des dimensions est donné proportionnellement au diamètre de l'ouvrage, à ne pas confondre avec le diamètre de la conduite d'alimentation d . Les annexes 1 à 4 donnent les principales indications dimensionnelles pour un avant-projet. Les volumes des différents types de séparateurs sont déterminés également en fonction du diamètre de l'ouvrage conformément au tableau 2.

Typ/Type	<i>FluidSep</i> 0,5	<i>FluidSep</i> 1	<i>FluidSep</i> 2	<i>FluidSep</i> 3
Volumen V Volume V	$V = 1,171 D^3$	$V = 0,656 D^3$	$V = 0,328 D^3$	$V = 0,219 D^3$
Oberfläche A_{WA} Surface horizontale A_{WA}	$A_{WA} = \frac{D^2}{4} \cdot \pi$ für alle Typen quel que soit le type			

Tabelle 2: Volumina und Oberfläche der *FluidSep*-Typen in Abhängigkeit vom Durchmesser D

Tableau 2: Volume et surface horizontale des types de séparateurs vortex *FluidSep* en fonction du diamètre D de l'ouvrage.

Für die Bestimmung der Entlastungsrate (Kap. 2.4) darf zum Wirbelabscheider-volumen das Volumen eingestauter Zulaufkanäle mit angerechnet werden. Als Oberfläche A_{WA} (zur Bestimmung der Oberflächenbeschickung und des stationären Wirkungsgrades, siehe Kap. 2.5) darf hingegen nur die des eigentlichen Wirbelabscheiders angesetzt werden, da nur diese Fläche abscheidewirksam ist.

Pour la détermination du taux de déversement (Chapitre 2.4), on peut prendre en compte le volume de stockage disponible par mise en charge de la canalisation d'alimentation. Par contre, pour la surface (permettant le calcul de la charge surfacique et de l'efficacité du régime établi, cf. Chap. 2.5), on ne peut prendre en compte que la surface de l'ouvrage lui-même, les autres n'apportant aucune efficacité de séparation.

2.4 Bestimmungsgleichung

Aus der Vorgabe, daß die Entlastungsfracht an CSB aus dem Wirbelabscheider diejenige aus einem konventionell bemessenen Fangbecken nicht überschreiten darf, läßt sich folgende Bestimmungsgleichung herleiten (vgl. Anlage 12):

$$\frac{e_{o,WA}}{e_{o,FB}} = (1 - \beta) \frac{1 - \eta_{H_2O} - \alpha \cdot (\eta_{B\ddot{U},b} - \eta_{H_2O})}{1 - \eta_{H_2O} - \alpha \cdot (\eta_{WA,b} - \eta_{H_2O})} \quad (2)$$

2.4 Equation de dimensionnement

En faisant l'hypothèse que la charge polluante déversée par le séparateur, exprimée en DCO, ne doit pas dépasser celle rejetée par un bassin piège conventionnel, on obtient l'équation suivante (cf. Annexe 12):

Dabei bedeutet:

$e_{o,FB}$ und $e_{o,WA}$ = Entlastungsraten nach Bild 5 (A 128, Bild 13), abhängig von q_r und V_s (letzte Größe ist unterschiedlich für Wirbelabscheider (WA) und Fangbecken (FB)).

α = Anteil an CSB, der an absetzbare Stoffe gebunden ist und der daher vom Wirbelabscheider teilweise abgeschieden werden kann. Der Rest $1-\alpha$ des CSB liegt in nichtabsetzbarer feinpartikulärer oder gelöster Form vor. Solange keine besseren Daten verfügbar sind, kann $\alpha \approx 0,8 \dots 0,9$ angesetzt werden².

β = Spülstoßkoeffizient; $\beta \approx 0,3 \dots 0,5$. Beim Fangbecken wird angenommen, daß ein Teil der Schmutzfracht aus dem Einzugsgebiet als Spülstoß zu Beginn der Regenereignisse ankommt und im Becken gespeichert wird, d.h. von diesem Schmutz gelangt wegen der obenliegenden Entlastung des Fangbeckens nichts in den Vorfluter. Beim Wirbelabscheider wird auch der Spülstoß behandelt. Der Koeffizient β berücksichtigt diesen Spülstoßeffect³ pauschal.

Avec:

$e_{o,FB}$ et $e_{o,WA}$ = taux de déversement selon figure 5 (règle ATV A 128, figure 13) en fonction de q_r et V_s (V_s étant différent pour le bassin piège FB et pour le séparateur WA).

α = Proportion de DCO fixée sur les matières décantables, et pouvant être séparée par le séparateur. Le solde $1-\alpha$ de la DCO se trouve sous forme de particules fines ou solubles. Aussi longtemps que l'on ne dispose pas de données plus fiables, on pourra retenir $\alpha \approx 0,8$ à $0,9$ ²

β = Coefficient de rinçage; $\beta \approx 0,3$ à $0,5$. Dans le cas du bassin piège, on admet qu'une partie de la pollution générée par le bassin versant arrive en début d'événement sous forme d'un pic de rinçage, et est stockée dans le bassin, ce qui signifie que du fait de la position amont du déversoir dans le bassin piège, cette pollution n'est pas rejetée au milieu récepteur. Pour le séparateur vortex, l'effet de rinçage est également traité. Le coefficient β tient compte globalement de cet effet de rinçage³.

² CHEBBO und BACHOC (1992) berichten, daß bei ihren Messungen im Mischwasser aus 134 bis 8300 ha großen Einzugsgebieten 83 - 92 % des CSB an absetzbare Stoffe gebunden waren. Wegen der Rücklösungseffekte nach längerer Fließzeit des Abwassers ist anzunehmen, daß am Zulauf von Fangbecken wegen des frischeren Abwassers eher noch größere Anteile des CSB absetzbar sind.

D'après CHEBBO et BACHOC (1992), sur la base de mesures effectuées sur des réseaux unitaires ayant des bassins versants de 134 à 8300 ha, 83 à 92% de la DCO est fixée aux matières décantables. D'autre part, l'effet de relargage s'opérant après des temps de parcours importants des effluents, on peut supposer qu'au remplissage d'un bassin, du fait d'eaux usées plus fraîches, la proportion de DCO sédimentable soit encore plus importante.

³ Der Koeffizient β umfaßt mehrere getrennte Effekte summarisch, z.B. die jeweiligen Schmutzanteile, die in Fangbecken und Wirbelabscheider nach Regenende noch gespeichert sind und zur Kläranlage gelangen. $\beta = 0$ bedeutet, daß kein Spülstoß auftritt und die Schmutzkonzentration zu Beginn des Ereignisses nicht erhöht ist. Bei starker Spülstoßwirkung (nicht vorentlastetes, aber sehr flaches Einzugsgebiet mit Ablagerungen in den Kanäle) ist $\beta = 0,5$ zu wählen, sonst $\beta = 0,3 \dots 0,4$.

Le coefficient β englobe plusieurs effets distincts, par exemple les matières polluantes qui sont encore retenues dans le séparateur ou le bassin après l'arrêt de l'événement pluvieux et qui sont dirigées vers la station d'épuration. $\beta = 0$ indique l'absence d'un effet de rinçage, signifiant que la concentration polluante en début d'événement n'augmente pas. Pour des rinçages prononcés, (bassin versant de faible pente ne comportant pas de déversoirs primaires, avec une forte sédimentation en réseau) on adoptera $\beta = 0,5$, dans le cas contraire, $\beta = 0,3$ à $0,4$.

$\eta_{WA,b}$ = Stationärer Abscheidewirkungsgrad des Wirbelabscheiders beim Bemessungszufluß nach Kap. 2.5.

$\eta_{BÜ,b}$ = Stationärer Abscheidewirkungsgrad des Beckenüberlaufes beim Bemessungszufluß (es wird berücksichtigt, daß auch ein Beckenüberlauf eine gewisse Abscheidewirkung hat), siehe Kap. 2.5.

η_{H2O} = Stationäres Aufteilungsverhältnis für Wasser beim Bemessungszufluß,

$$\eta_{H2O} = Q_d/Q_b$$

Die Gleichung (2) ist implizit, weil sowohl die links stehende Entlastungsrate $e_{o,WA}$ als auch der Wirkungsgrad $\eta_{WA,b}$ auf der rechten Gleichungsseite vom gesuchten Durchmesser des Abscheiders abhängen. Eine iterative Auswertung ist deshalb erforderlich, indem zunächst eine Wirbelabscheidergröße angenommen wird.

Daraus wird nach Kapitel 2.5 mit Hilfe der Anlagen 6 bis 9 für den Bemessungszufluß Q_b der stationäre Wirkungsgrad $\eta_{WA,b}$ bestimmt. Mit Hilfe von Anlage 10 wird das gleiche für den Beckenüberlauf durchgeführt, wobei dessen Oberfläche als Wehrlänge mal Kammerbreite angenommen werden muß. Die Entlastungsraten $e_{o,FB}$ und $e_{o,WA}$ für Fangbecken und Wirbelabscheider müssen nach A 128, Bild 13 mit den spezifischen Volumina $V_{s,FB} = V_{FB}/A_U$ und $V_{s,WA} = V_{WA}/A_U$ beider Bauwerke in m^3/ha und der Regenabflußspende $q_r = (Q_d - Q_{t24} - Q_{rT24})/A_u$ ermittelt werden.

Ist die linke Seite der Gleichung (2) größer als die rechte, bedeutet dies, daß die Entlastungsrate $e_{o,WA}$ des Wirbelabscheiders größer als zulässig ist. Der Abscheider muß in diesem Fall vergrößert werden. Umgekehrt kann ein kleineres Volumen gewählt werden, wenn die linke Seite von Gl. (2) kleiner als die rechte ist. Mit dem neuen Volumen ist die Berechnung zu wiederholen, bis die beiden Seiten der Gleichung

$\eta_{WA,b}$ = Efficacité en régime établi du séparateur à effet vortex au débit nominal selon le chapitre 2.5.

$\eta_{BÜ,b}$ = Efficacité à régime établi du bassin au débit nominal (on considère qu'un déversoir amont sur un bassin piège possède également une certaine efficacité). Cf. Chapitre 2.5.

η_{H2O} = facteur de dilution au débit nominal,
 $\eta_{H2O} = Q_d/Q_b$

L'équation (2) est implicite, car tant le taux $e_{o,WA}$ à gauche que l'efficacité $\eta_{WA,b}$ dépendent du diamètre de l'ouvrage. Une résolution itérative de cette équation s'impose donc, en fixant une valeur initiale du diamètre du séparateur.

Cela permet de déterminer, conformément au chapitre 2.5, l'efficacité en régime établi $\eta_{WA,b}$, en s'aidant des annexes 6 à 9. La même demande est effectuée pour le déversoir, dont la surface sera calculée comme le produit de la longueur de lame déversante par la largeur amont de la chambre de déversement. Les taux de déversement $e_{o,FB}$ et $e_{o,WA}$ pour le bassin piège et le séparateur vortex devront être calculés selon la règle ATV A 128, Fig 13 à l'aide des volumes spécifiques $V_{s,FB} = V_{FB}/A_U$ et $V_{s,WA} = V_{WA}/A_U$ en m^3/ha et avec l'intensité critique correspondante $q_r = (Q_d - Q_{t24} - Q_{rT24})/A_u$.

Si le terme de gauche de l'équation (2) est plus grand que le terme de droite, cela signifie que le taux de déversement $e_{o,WA}$ du séparateur dépasse le taux admissible. Le séparateur doit alors être agrandi. Dans le cas inverse, c.à.d que le terme de droite est plus grand que le terme de gauche, on peut choisir un séparateur plus petit. Cette itération sera alors prolongée jusqu'à l'égalisation des deux termes. La règle à

nurmehr gering voneinander abweichen. "Linke Seite kleiner als rechte Seite" ist zulässig.

Bei *vorentlasteten Einzugsgebieten* wird das Volumen eines konventionellen Beckens abhängig vom angewandten Bemessungsverfahren, aber auch von den Parametern der Vorentlastungen und ihrer Einzugsgebiete beeinflusst. Vereinfachend wird dieser Sachverhalt bei der Bemessung des Wirbelabscheiders dadurch berücksichtigt, daß das Volumen des konventionellen Beckens unter Berücksichtigung der Vorentlastungen angesetzt wird, aber für die Regenabflüsse nur die Anteile aus dem direkten Einzugsgebiet angesetzt werden, während die Zuflüsse von oben liegenden Entlastungen "durchgeschleift" werden. Die zur Bestimmung von e_0 erforderliche Regenabflußspende q_r berechnet sich also zu $q_r = (Q_d - Q_{t24} - Q_{rT24} - \Sigma Q_{d,i})/A_u$, wobei Q_{t24} und Q_{rT24} aus dem Gesamteinzugsgebiet stammen (also die "durchgeschleiften" Abflußanteile enthalten) und $\Sigma Q_{d,i}$ die Summe der Drosselabflüsse aus obenliegenden parallelgeschalteten Becken ist. Das spezifische Volumen V_s berechnet sich unter Ansatz der Fläche des unmittelbaren Einzugsgebietes. Ansonsten erfolgt die Bemessung wie oben.

2.5 Stationärer Wirkungsgrad beim Bemessungsabfluß

Der stationäre Abscheidewirkungsgrad des Wirbelabscheiders wurde anhand von Modellversuchen mit Modellsediment ermittelt und die Maßstabeffekte anhand der in Tengen und Decatur vorgenommenen Messungen korrigiert. Die Darstellung der Wirkungsgrade erfolgt in den Anlagen 6 bis 9 in Abhängigkeit von den Größen Oberflächenbeschickung zu Sinkgeschwindigkeit $q_A/v_s = Q_b/(A_{WA} \cdot v_s)$ und dem bereits bekannten Wasseraufteilungsverhältnis $\eta =$

respecter est: "le terme de gauche doit être plus petit que le terme de droite".

Pour des *bassins versants comportant des déversoirs primaires*, le volume d'un bassin piège conventionnel dépend de la méthode de calcul retenue ainsi que des paramètres des déversoirs amont et des sous bassins versants associés. On simplifie alors l'impact de ces ouvrages de déversement amont en fixant le volume du bassin conventionnel en tenant compte des déversements primaires, mais en ne retenant dans le débit d'alimentation, que la partie provenant du bassin versant directement raccordé au bassin d'orage; les débits des déversoirs d'amont ne faisant que transiter par l'installation. L'intensité pluviale q_r qui permet la détermination de e_0 devient alors: $q_r = (Q_d - Q_{t24} - Q_{rT24} - \Sigma Q_{d,i})/A_u$, où Q_{t24} et Q_{rT24} proviennent du bassin versant tout entier (c'est-à-dire comprennent les débits transités des sous bassins versants d'amont) et $\Sigma Q_{d,i}$ représente la somme des débits régulés en provenance des bassins d'orage d'amont, en connexion parallèle. Le volume spécifique V_s est calculé sur la base de la surface directement raccordée à l'ouvrage. Pour le reste, le dimensionnement est le même que ci-dessus.

2.5 Efficacité en régime établi

L'efficacité en régime établi des séparateurs a été déterminée à partir d'essais en laboratoire utilisant des sédiments de synthèse, les effets d'échelle étant corrigés grâce aux données recueillies sur les installations de Tengen et de Decatur. Les efficacités sont définies par les annexes 6 à 9 en fonction du rapport charge superficielle à la vitesse de chute: $q_A/v_s = Q_b/(A_{WA} \cdot v_s)$ et du facteur de dilution au débit nominal $\eta_{H_2O} = Q_d/Q_b$. Le dia-

Q_d/Q_b . Das Diagramm erlaubt durch die dimensionslose Darstellungsweise eine Übertragung auf beliebige Wirbelabscheidergrößen und auch eine Berücksichtigung der Kennwerte des abzuscheidenden Sedimentes.

gramme permet, par sa représentation adimensionnelle, une application à n'importe quelle taille de séparateur, et permet également la prise en compte des caractéristiques sédimentologiques de l'effluent à traiter.

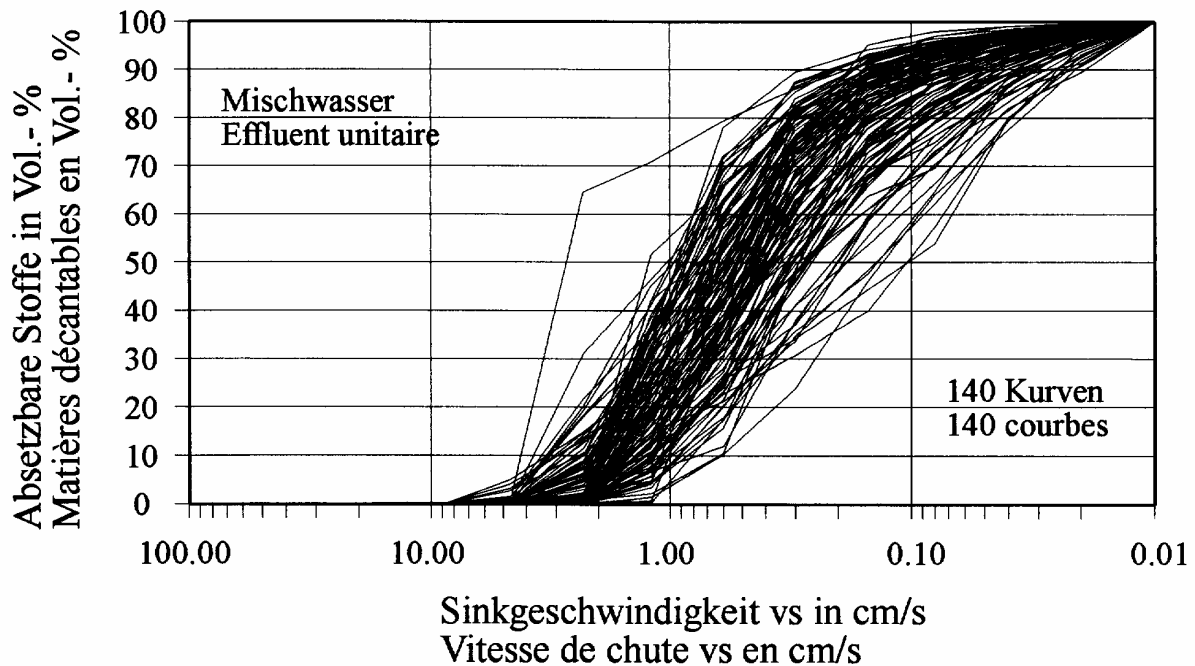


Bild 7: Verteilungskurven für die Sinkgeschwindigkeit von Mischwassersedimenten (nach BROMBACH et al. 1992).

Figure 7: Spectre de courbes de sédimentation pour des effluents unitaires (selon BROMBACH et al. 1992)

Reale Abwassersedimente zeichnen sich durch eine breite Verteilung der Korngrößen und Dichten aus, die sich zudem bei organischen Sedimenten meßtechnisch nur schwer bestimmen lassen. Beide Größen zusammen werden durch die Sinkgeschwindigkeit v_s berücksichtigt. Hierfür muß also für die betrachtete Fraktion des Abwassersedimentes ein Wert vorgegeben werden. Untersuchungen im eigenen Haus (BROMBACH et al. 1992) zeigen eine große Bandbreite für die Verteilung der Sinkgeschwindigkeit auf (Bild 7). In Anlage 5 werden aus dieser Graphik drei Verteilungskurven für "schweres", "mittleres" und "leichtes" Sediment herausgenommen und fraktioniert, d.h. das Abwassersediment

Les sédiments réels se caractérisent par une large distribution de granulométrie et de densité, difficilement déterminables pour des sédiments organiques. Les deux grandeurs sont résumées dans la notion de vitesse de chute v_s . Il faut donc fixer une valeur pour la fraction de sédiment considérée. Des expérimentations effectuées dans la société, (BROMBACH et al. 1992) mettent en évidence la grande étendue du spectre de répartition des vitesses de sédimentation (figure 7). On trouve (annexe 5) 3 courbes de sédimentations correspondant chacune à des sédiments respectivement, "lourds", "moyens", "légers". Les sédiments sont répartis dans des classes qui représentent 5

wird in Klassen von jeweils 5 oder 10 % der Probe eingeteilt und jede Klasse erhält eine jeweils maßgebende Sinkgeschwindigkeit zugeordnet.

Damit kann nun eine fraktionierte Berechnung durchgeführt werden; ein Beispiel für eine solche Berechnung (mit dem "mittleren" Sediment aus Anlage 5) ist in Kapitel 4.1 gezeigt. Mit dem Bemessungsdurchfluß Q_b wird für jede Fraktion q_A/v_s bestimmt und im Diagramm des betreffenden Wirbelabscheider-Typs der Wirkungsgrad $\eta_{WA,b}$ abgelesen. Ein Bemessungsprogramm übernimmt diese Arbeit; in Kap. 4.1 ist die Vorgehensweise "zu Fuß" gezeigt. Wichten der Wirkungsgrade mit dem jeweiligen Anteil der betrachteten Fraktion liefert den Gesamt-Wirkungsgrad für das gewählte Sediment. Bei Bedarf kann die Klasseneinteilung auch gröber oder feiner als in Anlage 5 gewählt werden.

Für den Beckenüberlauf beim alternativ berechneten Fangbecken kann das gleiche Verfahren zur Anwendung kommen. Naturgemäß hat eine Beckenüberlaufkammer eine kleinere Oberfläche als der Wirbelabscheider, doch ergibt sich trotzdem eine gewisse Abscheidewirkung, vor allem bei Grobsedimenten. Die wirkungsvolle Oberfläche des Beckenüberlaufes $A_{BÜ}$ kann als Produkt aus Wehrlänge mal Kammerbreite angesetzt werden. Auch hier wird für jede Sedimentfraktion $q_A/v_s = Q_b/(A_{BÜ} \cdot v_s)$ bestimmt und aus Anlage 10 der Wirkungsgrad $\eta_{BÜ,b}$ abgelesen⁴. Die gewichtete Mittelung zu einem Gesamtwirkungsgrad erfolgt wie bereits beschrieben.

à 10% de l'échantillon. A chaque classe est affectée une vitesse de sédimentation déterminante.

Ceci impose de réaliser un calcul par classe; un exemple de calcul (utilisant le sédiment moyen décrit à l'annexe 5) est donné au chapitre 4.1. En fonction du débit nominal Q_b , on détermine, pour chaque fraction q_A/v_s , et on lit, dans le diagramme du type de séparateur considéré, l'efficacité $\eta_{WA,b}$. Un programme de dimensionnement réalise cette opération. La méthode manuelle est décrite au chapitre 4.1. La pondération des efficacités avec les apports respectifs des fractions considérées donne l'efficacité globale pour le sédiment type retenu. En cas de besoin, le nombre de classes décrites à l'annexe 5 pourra être augmenté ou réduit en fonction de la précision souhaitée.

Pour le calcul du déversoir en amont d'un bassin piège, on peut adopter la même méthodologie. De par sa fonction, le déversoir a une surface plus réduite qu'un séparateur à effet vortex; il s'y produit néanmoins une certaine séparation concernant surtout les éléments grossiers. La surface efficace $A_{BÜ}$ du déversoir peut être prise égale à la longueur de la lame multipliée par la largeur de la chambre (coté amont). Dans ce cas également, on détermine, pour chaque fraction $q_A/v_s = Q_b/(A_{BÜ} \cdot v_s)$ à partir de l'annexe 10, l'efficacité⁴ $\eta_{BÜ,b}$. L'estimation pondérée de l'efficacité globale s'effectue comme décrit précédemment.

⁴ Für das Abscheideverhalten für Beckenüberläufe in Anlage 9 wird in Ermangelung vergleichbarer Meßdaten auf der sicheren Seite liegend bei gleichem q_A/v_s das gleiche Verhalten wie für einen Wirbelabscheider Typ 3 (Anlage 8) angesetzt.

Du fait du manque de données pour l'efficacité d'un déversoir en amont d'un bassin piège (Annexe 9), on adoptera la même efficacité que celle obtenue à q_A/v_s identique pour un séparateur à effet vortex de type 3 (Annexe 8), cas défavorable pour le dimensionnement du séparateur.

2.6 Notüberläufe

Aus hydraulischen Gründen - zur Vermeidung zu hoher zulaufseitiger Wasserspiegellagen bei Starkregen - wird einem Wirbelabscheider in der Regel ein Notüberlauf in Form einer Wehrschwelle vorgeschaltet. Bei der hier beschriebenen Abscheiderbemessung mit einem Ansatz für die Jahresentlastungsraten bleibt die Notentlastung unberücksichtigt. Das ist zulässig, weil Starkereignisse, die die Notentlastung anspringen lassen, nur sehr selten auftreten. Die Notentlastung darf analog zu der üblichen Ausführung bei Durchlaufbecken erst bei Zuflüssen $Q > Q_{\text{krit}}$ anspringen. Besser ist es allerdings, auf größere Abflüsse zu gehen, um möglichst viel Wasser den Abscheider passieren zu lassen. Solange die hydraulischen Verluste nicht entscheidend sind, kann z.B. ohne weiteres die Hälfte des Maximalzuflusses durch den Abscheider geleitet werden. Auf den Notüberlauf kann in dem Fall verzichtet werden, wenn eine Überlastung des Abscheiders und damit ein Einstau des Zuleitungskanals zulässig ist.

2.6 Déversoir amont

Pour des raisons hydrauliques, il est d'usage d'associer à un séparateur à effet vortex une surverse de sécurité amont, sous forme de déversoir. Cette surverse n'est pas prise en compte dans le dimensionnement à partir d'un taux annuel de déversement décrit ici. Ceci est justifié par la rareté des événements pluvieux intenses capables de faire fonctionner la surverse de sécurité. Le déversoir amont ne sera sollicité que pour des débits supérieurs au débit critique $Q > Q_{\text{krit}}$. Il est cependant préférable de rehausser le seuil de manière à faire transiter davantage d'eau par le séparateur. Tant que les pertes de charge hydrauliques sont négligeables, on peut, sans grande précaution, admettre la moitié du débit total généré sur le séparateur. On peut se passer entièrement du déversoir amont lorsqu'il est possible de mettre en charge le séparateur et une partie du réseau amont.

3 Hydraulisches Verhalten

Nach der Bestimmung der Größe des Wirbelabscheiders ist als nächstes die hydraulische Bemessung notwendig, um einen hydraulischen Längsschnitt zeichnen zu können und um zulässige Rückstauenebenen im Zuleitungssammler einhalten zu können. Als maßgebender Abfluß ist dabei der z.B. nach ATV-Arbeitsblatt A 118 unter Ansatz der Regenhäufigkeiten der neuen europäischen Norm DIN EN 752 ermittelte Gesamtabfluß zu wählen, der auch für die Kanalnetzrechnung verwendet wird. Dieser Abfluß ist naturgemäß viel größer als der in Kap. 2.2 für die Volumenbestimmung angesetzte Bemessungsabfluß.

Der Abscheider hat wegen der Wirbelströmung eine besondere hydraulische Charakteristik mit verhältnismäßig steiler Kennlinie; er ist hydraulisch also nur schlecht überlastbar. Deshalb ist in der Regel die Notentlastung vorgeschaltet. Der Abfluß, bei dem die Notentlastung anspringt bzw. der in den Wirbelabscheider eingeleitet wird, ergibt sich aus den Höhenverhältnissen in Zusammenarbeit mit der hydraulischen Kennlinie $h = f(Q)$ des Abscheiders.

Im folgenden wird eine Anleitung für die hydraulische Berechnung eines Wirbelabscheiders mit den Standardproportionen gegeben, d.h. alle Abmessungen müssen in den in Anlage 1 - 4 gegebenen Verhältnissen zum Durchmesser D stehen. Wie weiter unten beschrieben, gibt es die Möglichkeit, von diesen Abmessungen abzuweichen.

3 Comportement hydraulique

Une fois que la dimension du séparateur est déterminée, il faut étudier le comportement hydraulique, en établissant un profil hydraulique de manière à vérifier que les mises en charge, induites dans le collecteur amont, soient acceptables. Pour cela, on peut utiliser le débit total, calculé selon la règle ATV A 118 en utilisant les fréquences pluviométriques conformes à la nouvelle norme européenne EN 752. Ce débit est le même que celui utilisé pour le dimensionnement des collecteurs. Il est, de par sa nature, beaucoup plus important que le débit nominal (utilisé au chapitre 2.2 pour le dimensionnement du séparateur).

Le séparateur, du fait de l'écoulement vortex, possède une courbe caractéristique particulièrement pentue. Il sera donc difficile de le faire fonctionner en surcharge hydraulique. Ceci explique la présence habituelle d'une surverse de sécurité amont. La courbe caractéristique du séparateur $h = f(Q)$ permet de déterminer, en fonction des hauteurs d'eau, le débit qui entre dans l'ouvrage et, par déduction, celui qui est déversé en amont.

Dans ce qui suit, on décrit une procédure de calcul hydraulique du séparateur vortex qui utilise les proportions standard, ce qui implique que toutes les dimensions doivent correspondre aux proportions du diamètre D , des annexes 1 à 4. On peut néanmoins s'écarter de ces dimensions standard, comme cela est mentionné plus loin.

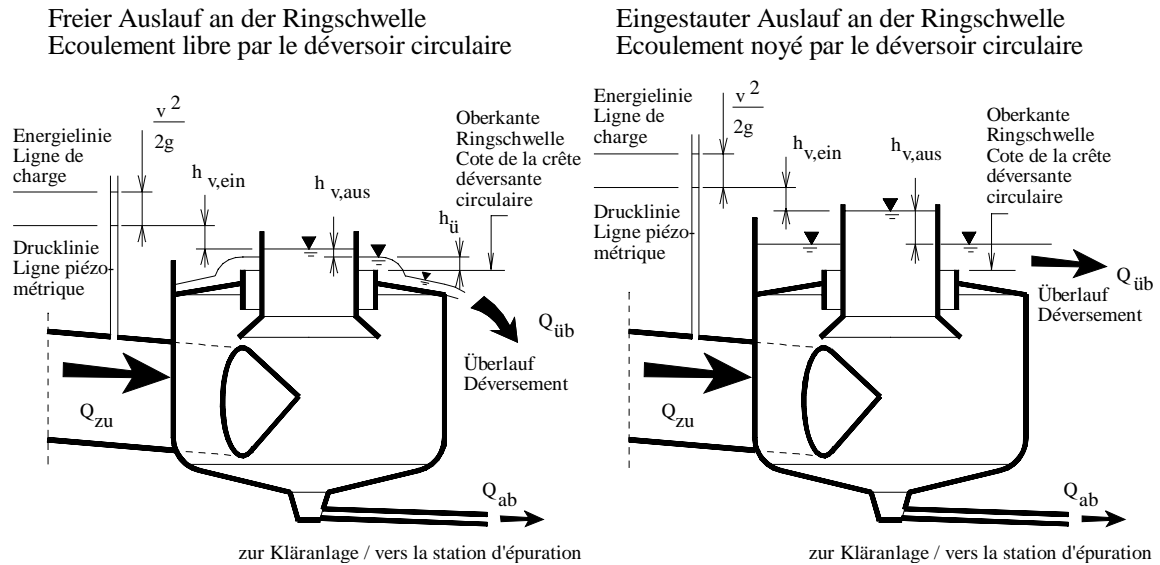


Bild 8: Verlusthöhen am Wirbelabscheider bei freiem (links) und eingestautem Abfluß (rechts) über der Ringschwelle.

Figure 8: Pertes de charges observées sur un séparateur à effet vortex dans le cas d'un écoulement libre (gauche) ou noyé (droite) par le déversoir circulaire.

Die Ringschwelle des Abscheiders dient als Überfallwehr und bewirkt abhängig vom Abfluß einen Wasserstand (OK Ringschwelle + $h_{\bar{u}}$) im Ringspalt. Im Abscheider selbst stellt sich ein nochmals um $h_{v,aus}$ höherer Wasserstand ein, während die Energie- und Druckhöhe im Zulaufrohr abermals um die Verlusthöhe $h_{v,ein}$ höher liegt (siehe Bild 8). Diese Verlusthöhen wurden für die einzelnen Typen der *FluidSep*-Familie im Modellversuch gemessen und können mit nur geringen Maßstabsfehlern auf die Großausführung übertragen werden.

Die bevorzugte Betriebsweise ist der freie Abfluß hinter der Ringschwelle, jedoch kann es auch vorkommen, daß über der Ringschwelle unvollkommener (eingestauter) Abfluß herrscht, z.B. wenn dem Abscheider ein Becken nachgeschaltet ist. Die Überfallhöhe $h_{\bar{u}}$ an der Ringschwelle läßt sich bei freiem Überfall näherungsweise nach der Poleni-Wehrformel berechnen:

$$h_{\bar{u}} = \left(\frac{Q}{\frac{2}{3} \mu \sqrt{2g} l_{RS}} \right)^{2/3}$$

mit $l_{RS} = 1,57 D$ für alle Abscheidertypen
avec $l_{RS} = 1,57 D$ quel que soit le type de séparateur

(3)

La couronne circulaire sert de crête déversante. La hauteur de déversement $h_{\bar{u}}$ dans l'espace annulaire est fonction du débit. Au centre du séparateur, le niveau d'eau est relevé de $h_{v,aus}$ tandis que la ligne piézométrique et la ligne de charge dans la canalisation d'alimentation sont en plus rehaussées des pertes de charges $h_{v,ein}$ (cf. figure 8). Ces différentes pertes de charges ont été déterminées pour chaque type de *FluidSep*, à l'aide d'expérimentations sur modèle réduit, et peuvent être transposées avec une très faible marge d'erreur sur des installations en grandeur réelle.

Le fonctionnement en déversement libre est conseillé. Il est cependant possible qu'un écoulement noyé soit nécessaire, par exemple lorsque la surverse d'un séparateur alimente directement un bassin d'orage en aval. Dans le cas d'un écoulement libre, la hauteur de déversement peut être estimée à l'aide de la formule de Poléni:

Hierbei ist l_{RS} die Länge der Ringschwelle in m, während $\mu \approx 0,77$ ist. Da die Fliehkraft des rotierenden Wasserkörpers "mithilft", ist dieser Wert etwas größer als bei frontal angeströmten, festen Wehren.

Auf die Großausführung lassen sich die hydraulischen Verluste unter Ansatz des Froudeschen Modellgesetzes für Strömungen mit freier Oberfläche direkt übertragen. Die Verlusthöhen folgen dabei dem Maßstab M_L aller Längen, sofern alle Abflüsse mit dem Abflußmaßstab $M_Q = M_L^{2,5}$ hochgerechnet werden. Dieses einfache Verfahren nimmt konstante Verlustkoeffizienten ζ bzw. λ für die Bestimmung der hydraulischen Verluste an und vernachlässigt damit den Einfluß der ungenügenden Reynolds-Ähnlichkeit des Modells. Man kann jedoch analog zur monoton fallenden Abhängigkeit $\lambda = f(v \cdot d/v)$ beim Kreisrohr argumentieren, daß im Modell durch zu kleine Reynoldszahlen zu große Verlustkoeffizienten ermittelt werden. Die berechneten Verluste in der Großausführung liegen damit auf der sicheren Seite.

Für die hydraulischen Verluste an einem Wirbelabscheider des Durchmessers D ergibt sich die Formel

$$h_{v, \text{ein}} = c_{\text{ein}} \cdot \frac{Q_{\text{zu}}^2}{D^4};$$

mit c_{ein} bzw. c_{aus} in $\frac{\text{cm} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^4}{\text{l}^2}$,

d.h., wird Q_{zu} in l/s und D in m angegeben, erhält man h_v in cm.

Für die untersuchten Wirbelabscheider-Typen ergaben sich für c im Modell die Werte der Tabelle. Es fällt auf, daß c_{aus} und damit auch die Verlusthöhe $h_{v, \text{aus}}$ bei eingestauter Ringschwelle zehnmal größer als bei freiem Ausfluß ist. Dies liegt daran, daß im erstgenannten Fall die Geschwindigkeitshöhe des aus dem Ringspalt tretenden Wassers

l_{RS} repräsentiert die Länge der Ringschwelle in m, während $\mu \approx 0,77$ ist. Da die Fliehkraft des rotierenden Wasserkörpers "mithilft", ist dieser Wert etwas größer als bei frontal angeströmten, festen Wehren.

Les lois de similitude de Froude permettent la transposition directe (dans le cas d'écoulements à surface libre) des essais sur modèle réduit sur les installations réelles. Les pertes de charge sont proportionnelles aux longueurs (facteur d'échelle M_L), tandis que les débits sont à multiplier par le facteur d'échelle $M_L^{2,5}$. Cette méthode simplifiée suppose, dans la détermination des pertes de charge, que les coefficients de pertes ζ et λ sont constants, négligeant ainsi l'influence de la similitude de Reynolds du modèle réduit. A l'instar de la relation $\lambda = f(v \cdot d/v)$ pour les tuyaux circulaires, on peut argumenter que, en raison d'un nombre de Reynolds trop faible pour le modèle, les coefficients de perte sont trop forts. Ainsi les pertes de charges calculées dans le cas réel sont surestimées.

Pour les pertes de charge d'un séparateur de diamètre D , on obtient la formule

$$h_{v, \text{aus}} = c_{\text{aus}} \cdot \frac{Q_{\text{zu}}^2}{D^4} \quad (4)$$

avec c_{ein} , resp. c_{aus} en $\frac{\text{cm} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^4}{\text{l}^2}$,

c'est-à-dire que si Q_{zu} est en l/s et D en m, on obtient h_v en cm.

Les valeurs de c obtenues sur modèle, pour les différents types de séparateurs étudiés, sont consignées dans le tableau 3. On remarque que c_{aus} et, par voie de conséquence, les pertes de charge $h_{v, \text{aus}}$ pour un écoulement noyé sont 10 fois plus fortes que pour un écoulement libre. Ceci provient du fait, que dans le premier cas, l'énergie

als Stoßverlust verloren geht, während dieser Verlust beim freien Überfall nicht auftritt.

Dafür muß hier aber die Überfallhöhe $h_{\ddot{u}}$ berücksichtigt werden. In der Regel ist durch Einhalten des freien Ausflusses ein geringer Gewinn an Höhe möglich. Die Auslaufverluste können durch eine Änderung der Proportionen des Abscheiderdeckels bei Bedarf weiter verringert werden, doch bedingt das eine spezielle hydraulische Bemessung.

cinétique se perd dans le tampon hydraulique, contrairement au deuxième cas.

Par contre il faut analyser la hauteur de déversement $h_{\ddot{u}}$. En pratique, l'écoulement libre ne procure qu'un gain limité de hauteur de déversement. On peut, le cas échéant, réduire les pertes de charge en sortie en augmentant le diamètre du déversoir circulaire, cela impose néanmoins un calcul hydraulique spécifique particulier.

	Einlauf Entrée	Auslauf Sortie	
<i>FluidSep</i> Typ Type	c_{ein} in $\frac{\text{cm} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^4}{\text{l}^2}$	Freier Ausfluß Ecoulement libre c_{aus} in $\frac{\text{cm} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^4}{\text{l}^2}$	Eingestauter Ausfluß Ecoulement noyé c_{aus} in $\frac{\text{cm} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^4}{\text{l}^2}$
0,5	0,000234	0,00107	0,0107
1	0,00156	0,00262	0,0262
2	0,0125	0,00688	0,0688
3	0,0316	0,0104	0,104

Tabelle 3: Einlauf- und Auslauf-Verlustkoeffizienten c_{ein} und c_{aus} der *FluidSep*-Typen

Tableau 3: Coefficient de perte de charge à l'entrée (c_{ein}) et en sortie (c_{aus}) des différents types de séparateur.

Ein Beispiel: Ein Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 3 mit Standard-Geometrie und einem Durchmesser von $D = 7,5$ m hat bei $Q_{\text{zu}} = 1\,000$ l/s einen Einlaufverlust von $h_{v,\text{ein}} = c_{\text{ein}} \cdot Q_{\text{zu}}^2/D^4 = 0,0316 \cdot 1000^2/7,5^4 = 10$ cm. Der Auslaufverlust beträgt bei freiem Überfall $h_{v,\text{aus}} = c_{\text{aus}} \cdot Q_{\text{zu}}^2/D^4 = 0,0104 \cdot 1000^2/7,5^4 = 3,3$ cm und bei eingestautem Überfall 33 cm. Die Überfallhöhe ist aber mit $l_{\text{RS}} = 1,57 \cdot 7,5 = 11,78$ m nach (3) $h_{\ddot{u}} = 11,2$ cm. Die Gesamtverluste gemäß Bild 8 betragen also $10 + 33 = 43$ cm bei eingestauter Ringschwelle und $10 + 3,3 + 11,2 = 24,5$ cm bei freiem Ausfluß.

Exemple: un séparateur de type *FluidSep* 3, avec une géométrie standard et un diamètre nominal de 7,5 m, a, pour un débit d'alimentation de $Q_{\text{zu}}^2/D^4 = 0,0316 \cdot 1000^2/7,5^4 = 10$ cm à l'entrée. La perte de charge en sortie est, dans le cas d'un écoulement libre, $h_{v,\text{aus}} = c_{\text{aus}} \cdot Q_{\text{zu}}^2/D^4 = 0,0104 \cdot 1000^2/7,5^4 = 3,3$ cm et dans le cas d'un écoulement noyé de 33 cm. La hauteur de déversement, pour une longueur de crête déversante $l_{\text{RS}} = 1,57 \cdot 7,5 = 11,78$ m, est selon (3) $h_{\ddot{u}} = 11,2$ cm. La perte de charge totale selon la figure 8 devient alors $10 + 33$ cm = 43 cm dans le cas d'un écoulement noyé et $10 + 3,3 + 11,2 = 24,5$ cm dans le cas d'un écoulement sans contrainte aval.

Die angegebenen Formeln für die Verluste gelten wie erwähnt nur, solange die Großausführung geometrisch ähnlich wie das Modell ausgeführt ist, also die Abmessungsverhältnisse nach Anlage 1 - 4 eingehalten sind. Der Einlaufverlust reagiert insbesondere auf Änderungen des Einlaufdurchmessers d recht empfindlich. Ganz grob kann man sagen, daß $h_{v, \text{ein}}$ proportional zu d^4 ist, d.h. 5 % Abweichung vom Sollwert für d bewirken ca. 22 % Abweichung in $h_{v, \text{ein}}$. Diese Genauigkeit ist für einen Vorentwurf vielleicht eben noch tolerierbar; bei um mehr als 5 % vom Sollwert abweichenden Einlaufdurchmessern ist in jedem Fall eine gesonderte hydraulische Bemessung erforderlich. Dasselbe gilt, wenn besonders geringe hydraulische Verluste erforderlich sind oder z.B. die Ringschwelle geändert werden soll.

Der Ablaufsumpf in der Mitte des Wirbelabscheiders hat auf das hydraulische Verhalten nur geringe Auswirkungen. Die abgehende Rohrleitung führt in der Regel zu einem Drossel- oder Pumpenschacht, in dem der Abfluß in Richtung Kläranlage begrenzt wird. Sie sollte wegen Verlegungsgefahr wie alle Abwasserleitungen mindestens als DN 200 ausgeführt und gerade verlegt werden. Krümmer im Verlauf dieser Leitung sind nicht zulässig, jedoch kann der Einlauf als 90°-Krümmer ausgeführt werden, weil dieser bei leerem Abscheider zugänglich ist. Bei wenig Gefälle darf der Sumpf nicht zu tief sein, um Höhe zu sparen. Bei Abscheidern im Hauptschluß sollte jedoch der Trockenwetterabfluß Q_{tx} ohne Einstau des Abscheiderbodens passieren können. Auch ein Düker ist möglich, der den Trockenwetterabfluß ähnlich wie bei einem Absturzschacht unter dem Abscheider hindurchleitet (Bild 9). Der Dükerzulauf muß wegen Verlegungsgefahr gut zugänglich sein! Eine Notentleerungsleitung (Bypass) erlaubt die Entleerung des Abscheiders am Drosselorgan vorbei. Diese kann in der Abscheiderwand münden.

Les formules présentées pour les calculs de perte de charge ne sont applicables que si les ouvrages réels sont géométriquement analogues aux modèles réduits, i.e. s'ils respectent les dimensions standard correspondantes au type de séparateur concerné conformément aux annexes 1 à 4. Les pertes de charges à l'entrée sont très sensibles aux modifications du diamètre d'alimentation d . De manière très schématique, on peut dire que $h_{v, \text{ein}}$ réagit comme d^4 , ce qui veut dire qu'une variation de 5 % du diamètre provoque une modification de 22 % de $h_{v, \text{ein}}$. Cette précision est encore acceptable pour un avant-projet; mais des modifications supérieures à 5 % rendent nécessaire un calcul hydraulique spécifique. Il en est de même lorsque les pertes de charge doivent être minimisées ou lorsque l'orifice de déversement annulaire doit être modifié.

L'agencement d'un cône de vidange au centre de l'ouvrage n'a que très peu d'influence sur le comportement hydraulique de l'ouvrage. La conduite qui en sort débouche généralement dans une bêche de pompage ou un régulateur de débit, en direction de la station d'épuration. Cette conduite doit être réalisée selon les règles de l'art: diamètre supérieur à 200 mm en raison des risques de colmatage et profil rectiligne (sans coude hormis celui à 90° permettant la vidange du puisard car il sera accessible). Dans le cas de dénivelée défavorable, on a tendance à réaliser un puisard sans pente pour limiter les profondeurs. La profondeur du puisard sera néanmoins suffisante pour éviter son débordement par temps sec, dans le cas d'une connexion directe. On peut aussi réaliser un passage direct sous le radier du séparateur pour les effluents de temps sec, comme dans un regard de chute (Fig. 9). L'entrée du passage inférieur doit rester parfaitement accessible! Un by-pass permet la vidange du séparateur sans passer par l'organe de régulation de débit et peut déboucher au travers du voile de l'ouvrage.

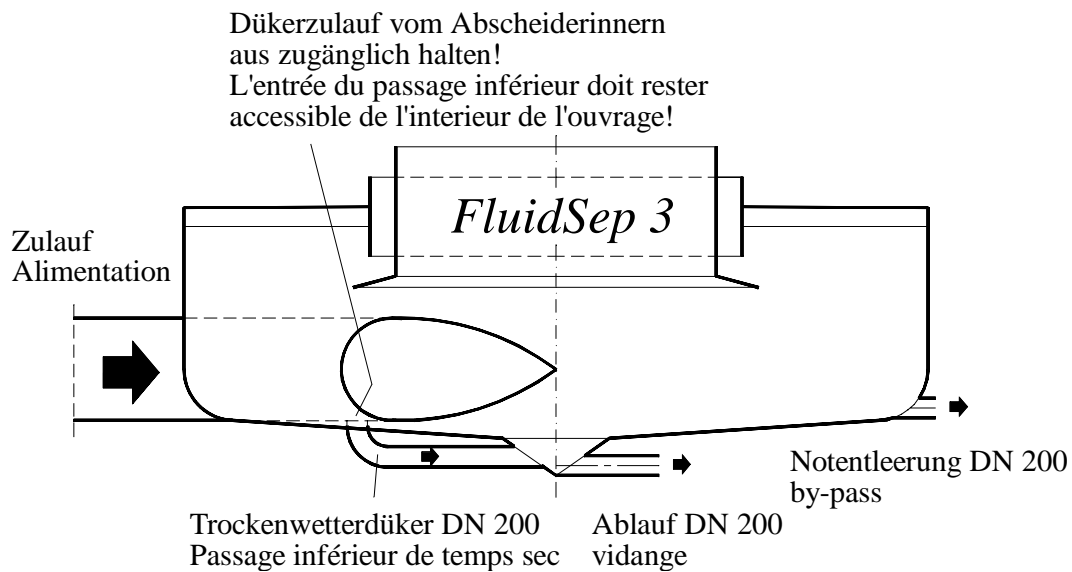


Bild 9: Ein Trockenwetterdüker (optional) verringert die Verschmutzung, indem der Trockenwetterabfluß unter dem Wirbelabscheider hindurchgeleitet wird.

Figure 9: Un passage inférieur du débit de temps sec limite l'encrassement du séparateur, le débit de temps sec étant dévié sous l'ouvrage.

Bei gepumptem Ablauf (z.B. bei Anordnung im Nebenschluß) ist das gleichzeitige Nutzen des Wirbelabscheiders als Pumpensumpf ebenfalls denkbar. Als Vorlagevolumen für den Ein-/Aus-Betrieb der Pumpen sollte dabei aber der Abscheidersumpf ausreichen (evtl. größer ausbilden) und nicht der eigentliche Abscheider eingestaut werden. Bei kleinen weitergeleiteten Abflüssen ist dies oft möglich. Andernfalls wird bei Trockenwetter der Abscheiderboden stark verschmutzt und es steht außerdem bei Regenereignissen nicht das volle Volumen zur Retention zur Verfügung. Werden Tauchpumpen gewählt, kann in der Mitte des Abscheiders ein senkrechtes großes Schachtrohr aufgestellt oder besser eingehängt werden, das die Pumpen und die Steigleitungen, Ketten und Stromzuführungen umgibt (Bild 10). Diese würden andernfalls sehr schnell verschmutzen, weil sich Faserstoffe und Toilettenpapier durch die Spiralströmung herumwickeln. Das Schachtrohr sollte jedoch nicht größer als etwa 1/6 des Wirbelabscheiderdurchmessers sein, weil sonst

Dans le cas d'une vidange par pompage, par exemple en connexion latérale, l'utilisation du séparateur comme bache de pompage est également envisageable. Pour cela, il y a lieu de prévoir un cône de vidange dont le volume est au moins égal au volume nécessaire pour l'enclenchement/déclenchement des pompes (à surdimensionner). Il n'est pas possible de provoquer l'inondation du radier de l'ouvrage. Pour des petits débits de vidange, c'est fréquemment envisageable. Dans les autres cas, le radier du séparateur risque d'être encombré de sédiments; par ailleurs, le volume utile de l'ouvrage serait diminué par cette mise en charge partielle. Si l'on utilise des pompes immergées, on peut disposer, au centre de l'ouvrage, un tube posé au fond, ou de préférence suspendu à la dalle haute, dans lequel viendront se loger les pompes, tuyauteries de refoulement et autres accessoires (Figure 10). Dans le cas contraire, du fait du mouvement tourbillonnaire, les éléments filamenteux viendraient s'enrouler autour des équipements. Le diamètre du tube ne devrait pas excéder 1/6 du diamètre nominal du séparateur, de

das Strömungsfeld zu sehr gestört wird. Ein gesonderter Pumpenschacht ist hingegen in jedem Falle möglich.

Bei der Gestaltung des Wirbelabscheider-Überlaufes ist zu berücksichtigen, daß das über die Ringschwelle strömende Wasser über den flachen Deckel strömt. Dieses Wasser soll in den meisten Fällen in einer Entlastungsleitung gefaßt und zum Vorfluter geleitet werden. Dabei muß jedoch der Eintrittsverlust in das Rohr berücksichtigt werden. Unter ungünstigen Umständen (enges, aber dafür steil geneigtes Rohr, kein Höhensprung) kann beim Bemessungsabfluß die Ringschwelle eingestaut werden und sich unvollkommener Abfluß einstellen. Dies muß bei der hydraulischen Berechnung beachtet werden.

manière à éviter une perturbation trop importante du mouvement vortex. Bien entendu, une bêche de pompage annexe est possible dans tous les cas.

Lors de la conception du déversoir du séparateur, il faut tenir compte du fait que l'eau déversée devra s'écouler sur le balcon périphérique relativement plat. Dans la plupart des cas, les effluents doivent être collectés dans une conduite reliée au milieu naturel. Il faut tenir compte des pertes de charge à l'entrée du collecteur. Dans des conditions défavorables (collecteur de faible diamètre mais de forte pente, sans chute), on peut observer, pour le débit nominal, la formation d'un déversement noyé du fait d'une mise en charge. Il faut en tenir compte dans le dimensionnement hydraulique.

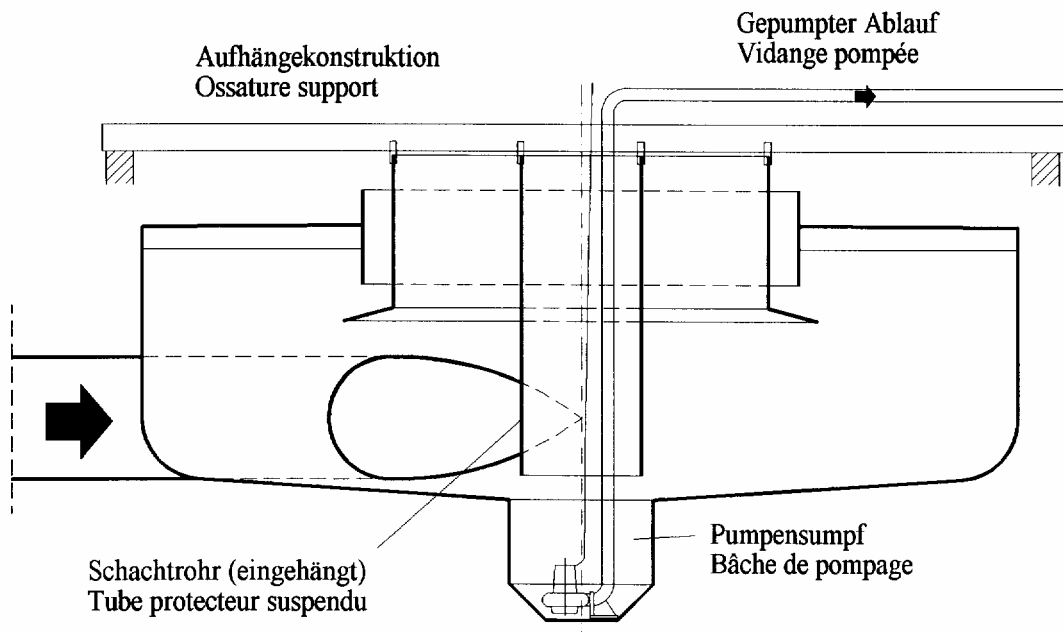


Bild 10: Bei größeren Abscheidern mit gepumptem Ablauf kann der Abscheidersumpf auch als Pumpensumpf ausgebildet werden; ein von oben eingehängtes Schachtrohr verringert die Verschmutzung der Pumpendruckleitungen und -kabel.

Figure 10: Pour les séparateurs de grande capacité, les puisards de vidange peuvent également servir de bêche de pompage; un tube plonge permet de limiter l'entretien des accessoires (tuyau de refoulement, câbles puissances, chaîne de relevage, barres de guidage).

4 Bemessungsbeispiel

Ein nicht vorentlastetes Einzugsgebiet in der Vorstadt von „Bad Ausgedacht“, ein Wohngebiet mit reiner Mischentwässerung, soll alternativ über ein Fangbecken oder über einen Wirbelabscheider entwässert werden.

4 Exemple de dimensionnement

Un bassin versant formé d'une zone résidentielle, assainie en totalité en mode unitaire ne comportant pas de déversoir en amont, doit être équipé soit d'un bassin piège soit d'un séparateur à effet vortex.

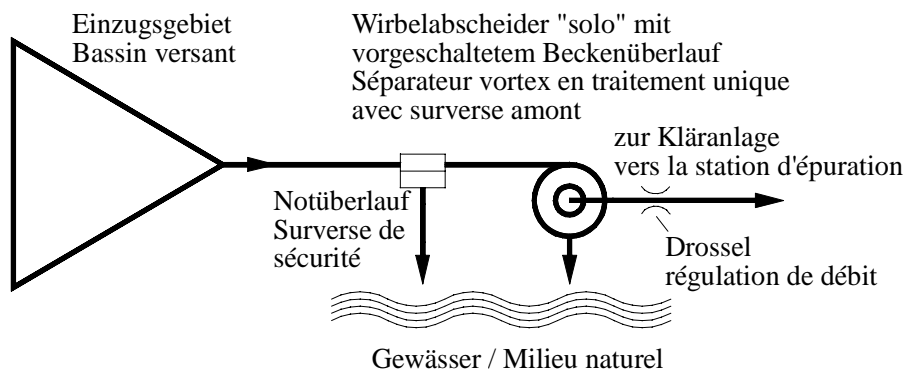


Bild 11: Schema des Bemessungsbeispiels

Figure 11: Exemple de dimensionnement

Es seien folgende Werte in den Definitionen nach A 128 anzusetzen:

Les données, définies selon ATV A 128, sont les suivantes :

Gesamtfläche	Surface totale	A	=	25,0 ha
Undurchlässige Fläche	Surface imperméable	A_u	=	10,0 ha
Einwohnerwerte	Nombre d'équivalents-habitants	E	=	750
Fließzeit	Temps de concentration	t_f	=	10 min
Wasserverbrauch	Consommation d'eau potable	w_s	=	130 l/(E·d)
Stundenansatz nach A 118	Nombre d'heures actives selon ATV A 118	x	=	10
Fremdwasserspende pro ha undurchlässige Fläche	Taux d'eaux claires rapporté à la surface imperméable	q_f	=	0,10 l/(s·ha)
Kritische Regenspende	Intensité de pluie critique	r_{krit}	=	15 l/(s·ha)

Es ergeben sich folgende Abflüsse:

Il en résulte les débits suivants:

Schmutzwasserabfluß im Tagesmittel	Débit moyen (sur 24 heures) d'eaux usées	$Q_{s24} = 750 \cdot 130/86400 = 1,13 \text{ l/s}$
Tagesspitze des Schmutzwasserabflusses	Débit de pointe d'eaux usées	$Q_{sx} = 1,13 \cdot 24/10 = 2,71 \text{ l/s}$
Fremdwasserabfluß	Débit d'eaux claires parasites	$Q_f = 0,10 \cdot 10,0 = 1,00 \text{ l/s}$
Trockenwetterabfluß im Tagesmittel	Débit moyen de temps sec	$Q_{t24} = 1,13 + 1,00 = 2,13 \text{ l/s}$
Tagesspitze des Trockenwetterabflusses	Débit de pointe de temps sec	$Q_{tx} = 2,71 + 1,00 = 3,71 \text{ l/s}$
Kritischer Regenwasserabfluß	Débit de pluie critique	$Q_{rkrit} = 15 \cdot 10,0 = 150,0 \text{ l/s}$
Maßgebender Gesamtabfluß (die Bemessungsregenspende wurde hier überschläglich zu $r_{15,n=1} = 150 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$ angesetzt)	Débit nominal total (l'intensité de pluie a été approximée ici à $150 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$)	$Q_{ges} = 150 \cdot 10,0 + 3,71 \approx 1500 \text{ l/s}$

Der Drosselabfluß Q_d soll unabhängig von der Wahl eines Beckens oder eines Wirbelabscheiders zu $Q_d = 10 \text{ l/s}$ gewählt werden. Normalerweise würde man $Q_d = 2 \cdot Q_{sx} + Q_f = 6,42 \text{ l/s}$ wählen. Nach den Empfehlungen des ATV-Arbeitsblattes A 111 sind jedoch an Regenüberlaufbecken Drosselabflüsse unter 10 l/s für Mischwasser wegen der Gefahr der Verlegung des Drosselorgans zu vermeiden. Der geringe Mehrabfluß von ca. $3,6 \text{ l/s}$ sei hier vom nachgeschalteten Kanalnetz und der Kläranlage aufnehmbar.

4.1 Ermittlung der erforderlichen Wirbelabscheidergröße

a) Bemessung des Fangbeckens

Die Bemessung des Fangbeckens nach Arbeitsblatt A 128 ist in Anlage 11 aufgeführt. Es ergibt sich ein relativ kleines Fangbecken mit $V = 114 \text{ m}^3$. Für die alternative Bemessung eines Wirbelabscheiders ist weiterhin die Entlastungsrate e_0 dieses Beckens erforderlich; sie liegt bei $e_0 = 56,3 \%$ bei einer Regenabflußspende von $q_r = 0,787 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$.

Le débit de vidange Q_d doit être choisi indépendamment du type d'ouvrage retenu et est fixé ici à 10 l/s . Normalement, on calculerait $Q_d = 2 \cdot Q_{sx} + Q_f = 6,42 \text{ l/s}$, mais conformément aux recommandations de la règle ATV A 111, il n'est pas souhaitable de retenir des débits inférieurs à 10 l/s en réseau unitaire, en raison des risques de colmatage des organes de régulation de débit. Le surplus de débit de $3,6 \text{ l/s}$ peut, dans ce cas, être supporté sans problème par le réseau aval et la station d'épuration.

4.1 Détermination du volume de séparateur nécessaire

a) Dimensionnement d'un bassin piège

Le dimensionnement du bassin piège selon la méthode décrite dans la règle ATV A 128 est détaillé en annexe 11. On obtient un volume relativement faible: $V = 114 \text{ m}^3$. Pour la suite du dimensionnement du séparateur, il faut également connaître le taux de déversement e_0 du bassin; il est de $e_0 = 56,3 \%$ pour une intensité pluviométrique de $0,787 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$.

b) *Bemessung des Wirbelabscheiders*

Wegen der Höhenverhältnisse soll ein möglichst flacher Wirbelabscheider zum Einsatz kommen, gewählt wird also der Typ 3. Als erste Schätzung kann von 2/3 des Beckenvolumens ausgegangen werden, also $V \approx 76 \text{ m}^3$. Das wäre ein Wirbelabscheider Typ 3 mit einem Durchmesser $D = 7,0 \text{ m}$ ($V = 0,219 D^3 = 75,1 \text{ m}^3$). Das implizite Bemessungsverfahren erfolgt zweckmäßigerweise so, daß drei verschiedene Durchmesser (hier z.B. $D = 6, 7$ und 8 m) angenommen und damit jeweils die beiden Seiten der Gleichung (2) aus Kap. 2.4. mittels fraktionierter Berechnung ermittelt werden. Der gesuchte Durchmesser, bei dem beide Seiten gleich sind, läßt sich dann graphisch ermitteln. Die fraktionierte Berechnung kann ein Bemessungsprogramm übernehmen, es sei hier jedoch auch der Rechengang "zu Fuß" vorgestellt (Tabelle 4).

Bemessungsabfluß:
Débit nominal:

$$Q_b = \frac{Q_{t24} + Q_{\text{rkrit}}}{2} = \frac{2,13 + 150,0}{2} = 76,1 \text{ l/s}$$

Wasser-Aufteilungsverhältnis:
Coefficient de répartition:

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{Q_d}{Q_b} = \frac{10,0}{76,1} = 0,131$$

Weiterhin muß für den Beckenüberlauf des Fangbeckens eine Annahme getroffen werden. Der Bemessungsabfluß beträgt $1500 - 10 = 1490 \text{ l/s}$; hierfür ist eine Länge des Beckenüberlaufes von ca. 3 m erforderlich. Die Kammer vor der Überlaufschwelle sei $1,50 \text{ m}$ breit. Das ergibt eine Oberfläche von $A_{\text{BÜ}} = 4,5 \text{ m}^2$ und eine Oberflächenbeschickung bei $Q_b = 76,1 \text{ l/s}$ von $q_A = 0,0169 \text{ m/s}$ als Ausgangswerte für die fraktionierte Berechnung.

Die Berechnung ist in den folgenden Tabellen durchgeführt.

b) *Dimensionnement du séparateur à effet vortex*

Du fait de la faible dénivelée, un séparateur plutôt plat de type 3 s'impose avec un volume égal, en première estimation, à 2/3 du volume du bassin piège, soit $V = 76 \text{ m}^3$. Il s'agirait donc d'un séparateur de type 3 d'un diamètre $D = 7,0 \text{ m}$ ($V = 0,219 D^3 = 75,1 \text{ m}^3$). La méthode implicite de dimensionnement consiste à déterminer les deux termes de l'équation (2) pour trois diamètres nominaux (ici par ex. $D = 6, 7$ et 8 m) à l'aide d'un calcul par classe. Le diamètre adéquat, pour lequel les deux termes sont égaux est alors déterminé graphiquement. Le calcul par classe peut être fait à l'aide d'un logiciel dédié, mais il est effectué ici manuellement (Tableau 4).

Il faut également faire une hypothèse concernant le déversoir amont du bassin piège. Le débit nominal égal à $1500 - 10 = 1490 \text{ l/s}$ nécessite une longueur de crête d'environ 3 m . La largeur de la chambre en amont de la crête est de $1,50 \text{ m}$. Ceci nous donne une surface horizontale de $4,5 \text{ m}^2$ et une charge superficielle, pour $Q_b = 76,1 \text{ l/s}$, de $q_A = 0,0169 \text{ m/s}$ comme valeur cible du calcul par classe.

Le calcul est synthétisé dans les tableaux suivants.

Fraktionierte Berechnung Calcul par classe			FluidSep Typ/Type 3						Becken- überlauf Surverse	
Fraktion des Sedimentes	% des Sedimentes	Maßgeb. Sinkgeschwindigkeit v_s in cm/s	D = 6,0 m		D = 7,0 m		D = 8,0 m			
Classe de sédiment	% du sédiment	Vitesse de chute moyenne en cm/s	$\eta_{H2O} = 0,131$		$\eta_{H2O} = 0,131$		$\eta_{H2O} = 0,131$		$\eta_{H2O} = 0,131$	
	$100 p_i$		q_A/v_s	η Anlage 9 Annexe 9	q_A/v_s	η Anlage 9 Annexe 9	q_A/v_s	η Anlage 9 Annexe 9	q_A/v_s	$\eta_{BÜ}$ Anlage 10 Annexe 10
95-100%	5,0	2,827	0,095	1,000	0,070	1,000	0,054	1,000	0,598	0,718
90- 95%	5,0	1,699	0,158	0,999	0,116	1,000	0,089	1,000	0,995	0,347
80- 90%	10,0	1,203	0,224	0,996	0,164	0,999	0,126	1,000	1,406	0,269
70- 80%	10,0	0,895	0,301	0,984	0,221	0,996	0,169	0,999	1,890	0,244
60- 70%	10,0	0,691	0,390	0,952	0,286	0,987	0,219	0,996	2,447	0,233
50- 60%	10,0	0,528	0,510	0,851	0,375	0,959	0,287	0,987	3,204	0,225
40- 50%	10,0	0,396	0,679	0,572	0,499	0,864	0,382	0,956	4,268	0,220
30- 40%	10,0	0,284	0,947	0,365	0,696	0,553	0,533	0,822	5,950	0,212
20- 30%	10,0	0,192	1,398	0,270	1,027	0,336	0,787	0,467	8,786	0,194
10- 20%	10,0	0,097	2,775	0,229	2,039	0,240	1,561	0,257	17,435	0,158
5- 10%	5,0	0,040	6,754	0,208	4,962	0,217	3,799	0,222	42,437	0,136
0- 5%	5,0	0,013	21,057	0,149	15,470	0,165	11,845	0,183	132,305	0,132
			$\Sigma p_i \cdot \eta_i$	0,640	$\Sigma p_i \cdot \eta_i$	0,712	$\Sigma p_i \cdot \eta_i$	0,769	$\Sigma p_i \cdot \eta_{BÜ,i}$	0,242

Tabelle 4: Beispiel für eine fraktionierte Berechnung, hier für einen Wirbelabscheider Typ 3 mit $D = 6,0; 7,0$ und $8,0$ m und für den Beckenüberlauf eines Fangbeckens

Tableau 4: Exemple de calcul par classe, ici pour un type 3 d'un diamètre de $6,0; 7,0$ et $8,0$ m, ainsi que pour la surverse du bassin piège.

Wirbelabscheider Typ 3, angesetzter Durchmesser D in m Séparateur de type 3, diamètre nominal en m	6,0	7,0	8,0
Oberfläche A_{WA} in m^2 /Surface horizontale A_{WA} en m^2	28,27	38,48	50,27
Volumen V in m^3 /Volume V en m^3	47,3	75,1	112,1
Spezifisches Volumen V_s in m^3/ha Volume spécifique V_s en m^3/ha	4,73	7,51	11,21
Entlastungsrate nach Bild 6 in % bei $q_r = 0,787 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$ Taux de déversement selon Fig. 6 en % avec $q_r = 0,787 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$	65,9	61,4	56,2
Linke Seite der Gleichung (2), $e_{0,WA}/e_{0,FB}$ Terme à gauche de l'équation (2), $e_{0,WA}/e_{0,FB}$	1,171	1,091	0,998
Oberflächenbeschickung $q_A = Q_b / A_{WA}$ in m/s Charge superficielle $q_A = Q_b / A_{WA}$ en m/s	0,00269	0,00198	0,00151
Wirkungsgrad $\eta_{WA,b}$ fraktioniert berechnet nach Tabelle 4 Efficacité $\eta_{WA,b}$ calcul détaillé par classe selon le tableau 4	0,640	0,712	0,769
Rechte Seite der Gleichung (2)/Terme à droite de l'équation $(1-\beta) \cdot \frac{1-\eta_{H2O}-\alpha \cdot (\eta_{BÜ,b}-\eta_{H2O})}{1-\eta_{H2O}-\alpha \cdot (\eta_{WA,b}-\eta_{H2O})}$ mit $\beta = 0,4$ (Anteil der CSB-Fracht, der im Spülstoß auftritt) und $\alpha = 0,8$ (Anteil d. CSB, der an absetzbare Fraktionen gebunden ist) avec $\beta = 0,4$ (proportion de DCO survenant lors de l'effet de rinçage) et $\alpha = 0,8$ (pourcentage de DCO fixé aux matières décantables)	1,013	1,159	1,304

Tabelle 5: Beispielbemessung für einen Wirbelabscheider

Tableau 5: Exemple de dimensionnement d'un séparateur à effet vortex

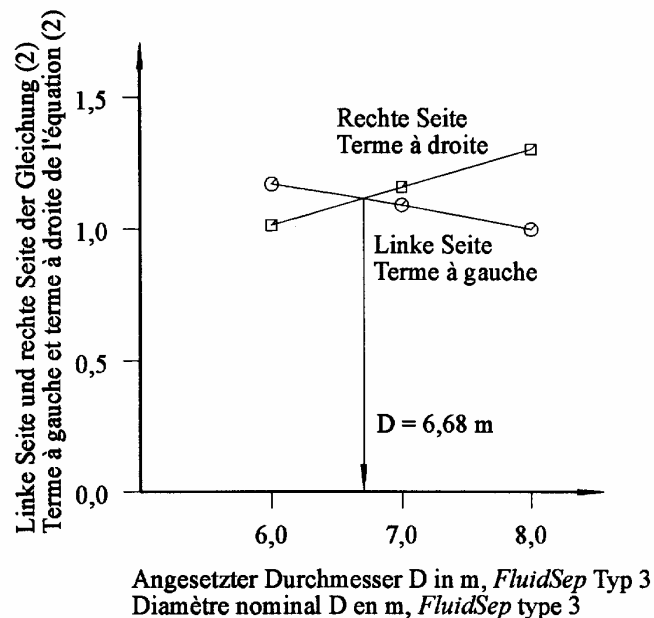


Bild 12: Graphische Ermittlung des erforderlichen Durchmessers

Figure 12: Détermination graphique du diamètre

Ergebnis ist eine erforderliche Wirbelabscheidergröße von $D = 6,68\text{ m}$ für den FluidSep Typ 3. Aus konstruktiven Gründen wird ein Abscheider mit $D = 6,70\text{ m}$ und einem Volumen von $V_{WA} = 65,9\text{ m}^3$ gewählt. Wir erhalten also eine Volumensparnis von ca. 42 % gegenüber dem nach A 128 bemessenen, $V_{FB} = 114\text{ m}^3$ großen Fangbecken mit dem vorgeschalteten Beckenüberlauf der Grundfläche $3,0\text{ m} \times 1,5\text{ m}$.

Le résultat est un séparateur de type FluidSep 3 et d'un diamètre de $D = 6,68\text{ m}$. Pour des commodités de construction, on retiendra un séparateur d'un diamètre de $D = 6,70\text{ m}$ et d'un volume $V_{WA} = 65,9\text{ m}^3$. Le gain volumique par rapport à un bassin piège, de volume $V_{FB} = 114\text{ m}^3$ dimensionné selon ATV A 128 et comportant un déversoir amont d'une surface de $3,0\text{ m} \times 1,5\text{ m}$, est donc 42 %.

4.2 Hydraulisches Verhalten

Für die Planung ist nach der Wahl der Wirbelabscheidergröße wichtig, welches hydraulische Verhalten das Gerät bei einem gegebenen Bemessungszufluß hat, um einen hydraulischen Längsschnitt zeichnen zu können und um die Höhenlagen der Zu- und Ablaufkanäle bestimmen zu können. Der Bemessungszufluß zum Wirbelabscheider betrage hier als Beispiel, z.B. nach A 118 berechnet, $Q_{ges} = 1500\text{ l/s}$.

Wie bereits erwähnt, ist der Wirbelabscheider nicht überlastbar. Es ist deshalb sinnvoll, eine Notentlastung vorzusehen, die allzu große Zuflüsse am Abscheider vorbei leitet. Wir wählen eine Wassermenge von $Q_{ges}/2 = 750\text{ l/s}$, die den Abscheider passieren soll. Für diesen Zufluß werden nun die hydraulischen Verluste berechnet und die Wasserspiegellagen festgelegt. Es sei freier Überfall an der Ringschwelle angesetzt.

Für die Standardabmessungen des Gerätes gemäß Anlage 4 gilt:

4.2 Comportement hydraulique

Après avoir dimensionné le séparateur à effet vortex il est important, pour le concepteur, d'en connaître le comportement hydraulique au débit nominal, de manière à pouvoir tracer un profil hydraulique et déterminer les niveaux des différentes conduites. Le débit nominal dans notre exemple est de $Q_{ges} = 1500\text{ l/s}$ (selon ATV A 118).

Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, le séparateur à effet vortex ne peut pas fonctionner en surcharge hydraulique. Il faut donc prévoir une surverse de sécurité permettant de by-passer l'excédent de débit. Nous adoptons pour cet exemple un débit de $Q_{ges}/2 = 750\text{ l/s}$, devant transiter intégralement par le séparateur. On détermine alors, pour ce débit, les pertes de charge hydrauliques ainsi que les niveaux d'eau. On souhaite un écoulement libre au déversoir circulaire, en haut de séparateur.

Les dimensions standard du séparateur, selon l'annexe 4, sont les suivantes:

Wirbelabscheider <i>FluidSep 3</i>, Durchmesser Séparateur vortex <i>FluidSep 3</i>, diamètre	D = 6,70 m
Bemessungszufluß / Débit nominal	Q_{zu} = 750 l/s
Länge der Ringschwelle Longueur de la crête déversante	l _{RS} = 1,57 D = 10,52 m
Überfallhöhe an der Ringschwelle nach Gl. (3) Hauteur de déversement selon (3)	$h_{ü} = \left(\frac{0,750}{\frac{2}{3} \cdot 0,77 \cdot \sqrt{2g \cdot 10,52}} \right)^{2/3} = 9,9 \text{ cm}$
Auslaufverlust nach Gl. (4) Perte de charge à l'évacuation selon (4)	$h_{v,\text{aus}} = 0,0104 \cdot \frac{750^2}{6,70^4} = 2,9 \text{ cm}$
Einlaufverlust nach Gl. (4) Perte de charge à l'alimentation selon (4)	$h_{v,\text{ein}} = 0,0316 \cdot \frac{750^2}{6,70^4} = 8,8 \text{ cm}$

Aus Anlage 4 können verschiedene Abmessungen und auch die erforderlichen Höhendifferenzen Δh zwischen Einlauf und Ringschwelle bzw. zwischen Einlauf und Ablauf in Abhängigkeit vom Durchmesser D entnommen werden.

L'annexe 4 donne également d'autres dimensions ainsi que les distances verticales séparant le radier de l'alimentation et la crête du déversoir ou encore le radier de la vidange, en fonction toujours du diamètre nominal D.

Wir erhalten:

Nous obtenons:

Einlaufdurchmesser Diamètre de la conduite d'alimentation retenue	$d = 0,147 \cdot 6,70 \text{ m} = 0,98 \text{ m}$ Gewählt/Choisi: DN 900
OK Ringschwelle - Sohle Zulaufrohr Distance entre la crête déversante et le radier de la conduite d'alimentation	$\Delta h = (0,400 - 0,073) \cdot 6,70 \text{ m} = 2,19 \text{ m}$
OK Decke - Sohle Zulaufrohr Distance entre le dessus du balcon de surverse et le radier de la conduite d'alimentation	$\Delta h = (0,360 - 0,073) \cdot 6,70 \text{ m} = 1,92 \text{ m}$
OK Ringschwelle - OK Decke Distance entre le crête déversante et le dessus du balcon de surverse	$\Delta h = 2,19 \text{ m} - 1,92 \text{ m} = 0,27 \text{ m}$
Sohle Zulaufrohr - Sohle Ablaufrohr Distance entre le radier de la conduite d'alimentation et celui de la conduite de vidange	$\Delta h = 0,073 \cdot 6,70 \text{ m} = 0,49 \text{ m}$

Der Einlaufdurchmesser wurde etwas kleiner gewählt als der Sollwert. Der Einlaufverlust $h_{v,ein}$ ist daher etwas größer als oben berechnet, und zwar ist die Abweichung in $h_{v,ein}$ etwa proportional zu $1/d^4$. Wir erhalten wie folgt einen korrigierten Wert:

$$h_{v,ein} \text{ (DN 900)} = 8,8 \text{ cm} \cdot \left(\frac{0,98 \text{ m}}{0,90 \text{ m}} \right)^4 = 12,4 \text{ cm}$$

Hinweis: Oft hat das ankommende Kanalrohr einen geringeren Durchmesser, besonders bei großen Gefällen. Trotzdem ist es ungünstig, mit einem engen Zulaufrohr in den Abscheider zu gehen, weil die hydraulischen Verluste ansteigen und weil die Abscheidewirkung wegen der erhöhten Turbulenz dann nachläßt. Dem Wirbelabscheider sollte immer eine Beruhigungsstrecke mit der Länge $8-10 \cdot d$ und dem Einlaufdurchmesser d vorgeschaltet werden.

Le diamètre retenu pour la conduite d'alimentation est légèrement inférieur à celui préconisé. La perte de charge à l'alimentation $h_{v,ein}$ s'en trouve donc augmentée proportionnellement à $1/d^4$. Nous obtenons alors la perte de charge corrigée:

Souvent la conduite qui arrive au séparateur a un diamètre bien plus faible en raison de pentes plus fortes. Il n'est cependant pas souhaitable de réduire le diamètre préconisé, du fait de l'augmentation des pertes de charge et d'une diminution de l'efficacité de séparation (consécutives à des turbulences accrues) qui en résultent. L'alimentation du séparateur devrait toujours s'effectuer par un tronçon de tranquillisation de quelques mètres de long ($8 - 10 \cdot d$), au diamètre d préconisé lors du dimensionnement.

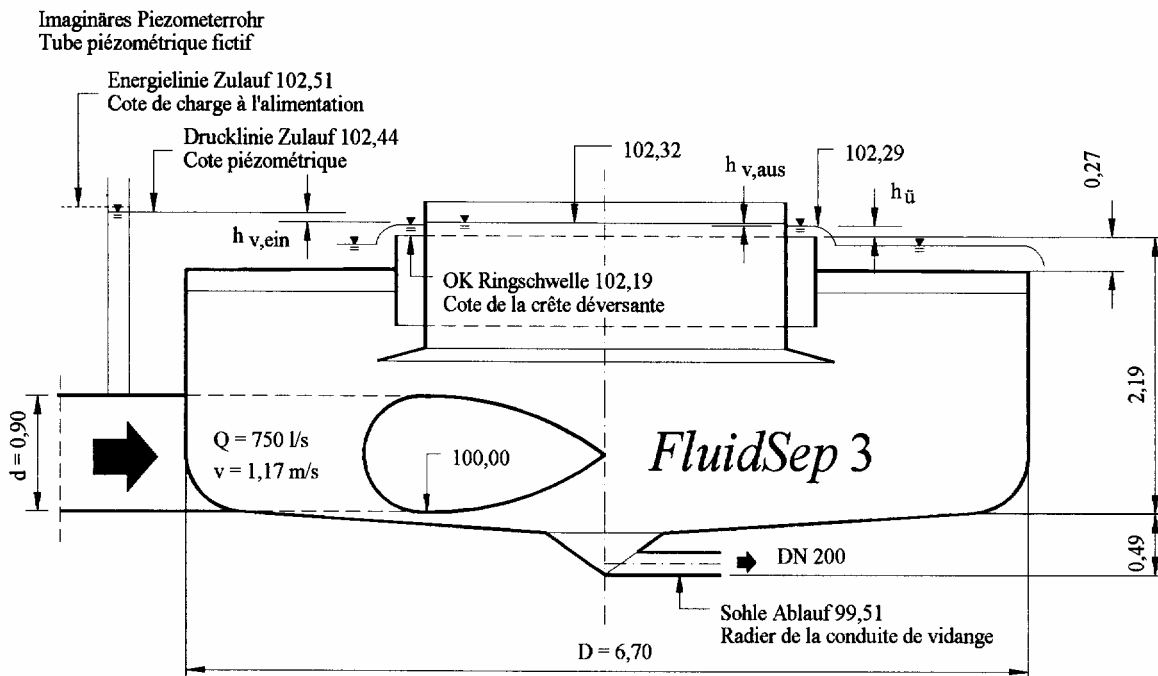


Bild 13: Skizze des Beispiel-Wirbelabscheiders mit den wichtigsten Maßen für $Q = 750$ l/s (unmaßstäblich)

Figure 13: Coupe schématique du séparateur à effet vortex étudié comme exemple, avec les principales dimensions et cotes pour un $Q = 750$ l/s (croquis sans échelle).

Es muß nun überprüft werden, ob die so bestimmten Wasserspiegellagen zulässig sind. Wir können jetzt die Anordnung skizzieren (Bild 13). Die Sohle des Zulaufrohres liege auf Kote 100,00 m + NN. Die Verlusthöhen sind gemäß Bild 8 definiert.

Der vorgeschaltete Notüberlauf (in Bild 13 nicht gezeichnet) soll erst dann anspringen, wenn 750 l/s durch den Abscheider fließen. Das bedeutet, daß seine Wehrkrone mindestens auf der Höhe der Energielinie im Zulauf plus der Einlaufverluste $h_{v,ein}$ in das Zulaufrohr zum Abscheider angeordnet werden muß [$h_{v,ein} \approx 0,4 - 0,5 v^2/(2g)$]. Hier wird diese Höhe zu 102,55 m + NN gewählt.

Wird die Ringschwelle planmäßig überstaut, stellt sich eingestauter Abfluß gemäß Bild 8, rechte Graphik, ein. In diesem Fall ist der Wasserspiegel über dem Abscheiderdeckel als Randbedingung vorgegeben und die Verlusthöhen addieren sich dazu. Ohne hier die Berechnung zu wiederholen, erhalten wir im vorliegenden Fall $h_{v,aus} = 29$ cm und wie bisher $h_{v,ein} = 12,4$ cm. Insgesamt ist also die Drucklinie im Zulauf um $29 + 12,4 = 41,4$ cm höher als der Wasserspiegel über dem Abscheiderdeckel. Wird letzterer in unserem Beispiel zu 102,40 m + NN angesetzt, ergeben sich die Wasserstände nach Bild 14.

Il faut à présent vérifier la faisabilité des différents niveaux piézométriques. Ils sont représentés schématiquement sur la figure 13. La cote radier de la conduite d'alimentation est fixée à 100,00 m NGF. Les pertes de charge sont définies conformément à la figure 8.

La surverse de sécurité, non représentée sur ce dessin, ne fonctionne que pour des débits supérieurs à celui du séparateur, à savoir 750 l/s. La cote de la crête de la surverse devra être au moins égale à celle de la ligne de charge à l'alimentation augmentée des pertes de charge singulières à l'entrée [$h_{v,ein} = 0,4$ à $0,5 v^2/(2g)$]. Elle est fixée ici à 102,55 m NGF.

Si la conception de l'ouvrage conduit à mettre en charge le séparateur au delà de sa crête déversante, l'écoulement sera de type noyé selon le graphique de droite de la figure 8. Dans ce cas, le niveau d'eau au dessus du balcon de surverse est considéré comme condition aux limites, et il convient d'y rajouter les pertes de charge. Sans recommencer ici le calcul, on peut donner le résultat: $h_{v,aus} = 29$ cm et $h_{v,ein}$ reste inchangé à 12,4 cm. Ainsi, la ligne de charge à l'alimentation est le niveau d'eau au dessus du balcon de surverse augmenté de $29 + 12,4 = 41,4$ cm. Si nous fixons ce dernier à 102,40 m NGF, on peut en déduire les autres niveaux d'eau selon la figure 14.

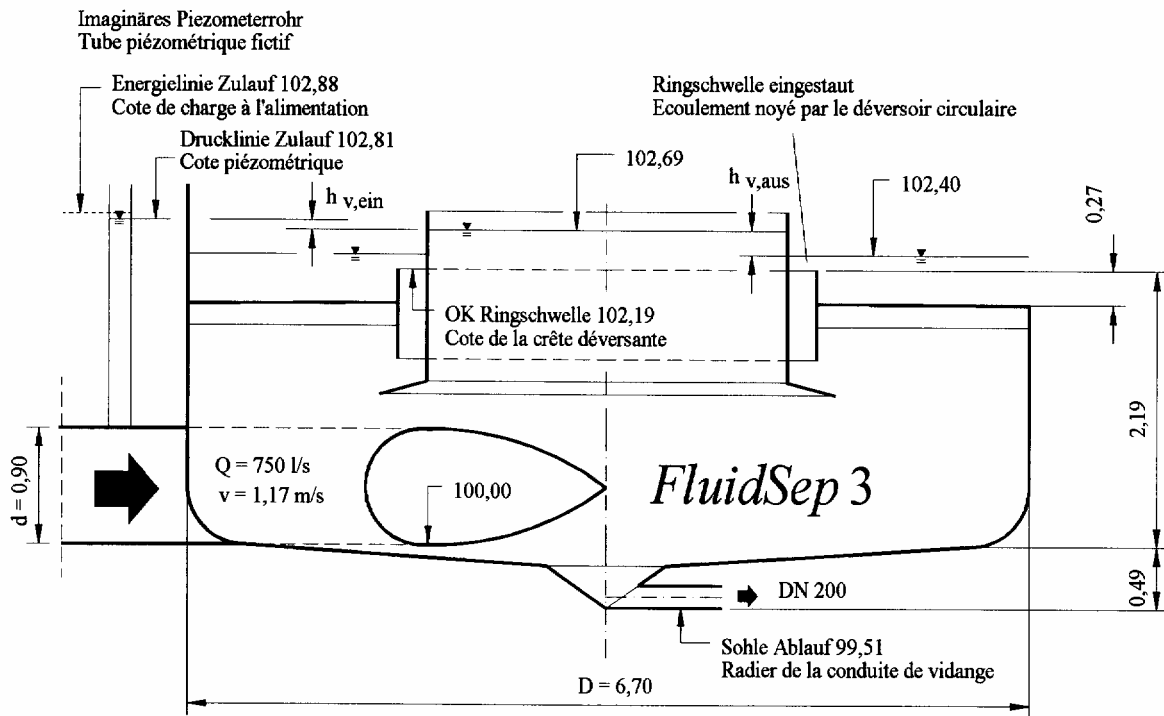


Bild 14 Wasserstände bei eingestauter Ringschwelle (unmaßstäbliche Skizze)
Figure 14: Profil hydraulique dans le cas d'un écoulement noyé (croquis sans échelle)

5 Anwendung des Wirbelabscheiders in der Trennentwässerung

Die Behandlung des Regenabflusses in Trennsystemen ist bundesweit nicht einheitlich geregelt, vgl. ATV (1994). Derzeit arbeitet die ATV-Arbeitsgruppe 1.4.3 "Regenwasserbehandlung" an einem neuen Regelwerk. In Baden-Württemberg galten bis 1.1.1993 die Verwaltungsvorschriften GABL. (1983) für die Regenwasserbehandlung im Misch- und im Trennverfahren und GABL. (1985) für die Behandlung von Straßenoberflächenwasser. Obwohl seither ausgesetzt, sind diese Richtlinien in Baden-Württemberg noch immer Regeln der Technik. Flächen mit normalem Schmutzanfall, die im Trennverfahren entwässert werden, benötigen demnach in der Regel keine Regenwasserbehandlung, jedoch sollen im Rahmen der Bauleitplanung die Grundstücke für eventuell später erforderliche Bauwerke freigehalten werden. Bei Einleitung von Regenwasser in Gewässer mit besonderer Schutzwürdigkeit, in ein Wassergewinnungsgebiet oder in den Bodensee ist eine Behandlung in Regenklärbecken erforderlich. Das gleiche gilt für Flächen mit starkem Schmutzanfall.

Nach ATV (1994) und ATV (1980) sind Regenklärbecken mit oder ohne Dauerstau möglich. Die Variante ohne Dauerstau ist nach Regenende in einen Schmutzwassersammler zu entleeren. Solche Becken können wie in der Mischkanalisation entweder als Fangbecken oder als Durchlaufbecken konzipiert werden. Häufiger ist die Variante als Durchlaufbecken. In Baden-Württemberg wird von GABL. (1983) für den Abfluß von stark verschmutzten Flächen, der in Regenwasserkanälen ohne ständige Wasserführung abgeleitet wird, grundsätzlich die Anordnung als Fangbecken gefordert.

5 La séparation à effet vortex appliquée aux réseaux pluviaux

En Allemagne, le traitement des eaux pluviales issues de réseaux séparatifs n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire fédéral (ATV 1994). En ce moment, la commission "Traitement des eaux pluviales" de l'ATV prépare une nouvelle règle traitant du sujet. Dans le pays du Bade-Wurtemberg prévalaient jusqu'au 1.1.1993 les règles administratives GABL. (1983) pour le traitement des eaux pluviales issues de réseaux séparatifs ou unitaires et GABL. (1985) pour le traitement des eaux de ruissellement sur chaussée. Bien que périmées depuis cette date, ces règles restent toujours appliquées. D'après ces règles, les surfaces recevant une charge "normale" de pollution, assainies en réseau séparatif ne nécessitent pas de traitement, mais une réserve foncière doit être constituée en vue d'éventuels ouvrages futurs. Les rejets en cours d'eau sensible ou vers le lac de Constance doivent faire l'objet d'un traitement par bassin d'orage. Il en est de même pour les surfaces fortement polluées.

Selon ATV (1994 et 1980), les bassins d'orage peuvent rester en eau ou au contraire être vides en fin d'événement. Cette dernière solution implique une vidange en réseau d'eau usée. De tels ouvrages peuvent être conçus comme bassin piège ou comme bassin transit. Le type transit est le plus fréquent. La norme GABL. (1983) impose pour le Bade-Wurtemberg une configuration de type piège, dans le cas de surfaces fortement polluées raccordées à un réseau d'assainissement pluvial sans débit permanent.

Regenklärbecken ohne Dauerstau als Durchlauf- wie als Fangbecken lassen sich sehr gut als Wirbelabscheider ausführen. Für die Funktion des Wirbelabscheiders ist wesentlich, daß aus der Abscheidermitte kontinuierlich, also auch schon während des Regens, ein Teil des Zuflusses mit den aufkonzentrierten Schmutzstoffen in einen Schmutzwasserkanal geleitet werden kann. Je größer dieser Zufluß gewählt wird, umso besser ist die Abscheidewirkung. Bei Regenwasser sind wegen der verringerten Verlegungsgefahr des Drosselorgans im Gegensatz zu Mischwasser durchaus auch Abflüsse kleiner als 5 - 10 l/s möglich.

Der Wirbelabscheider kann konstruktionsbedingt Schwimmstoffe, also auch Leichtflüssigkeiten wie Benzin und Öl, zurückhalten. Gerade bei der Behandlung von Straßenoberflächenwasser ist diese Eigenschaft gefordert. Es ist jedoch zu beachten, daß diese Funktion bei zu hoher hydraulischer Belastung des Abscheiders beeinträchtigt wird. Wie auch bei konventionellen Regenklärbecken kann bei sehr großem Zufluß Öl unter der Tauchwand hindurch gesaugt werden. Steht also in einer bestimmten Anwendung die Eignung als Ölabscheider im Vordergrund, muß ein Wirbelabscheider mit großer Grundfläche gewählt werden. Diese sollte dann nicht kleiner sein als bei einem konventionellen Regenklärbecken.

In der Trennkanalisation stammen alle Schmutzstoffe im abfließenden Regenwasser von der Oberfläche. Das Material enthält durchaus beträchtliche Mengen an organischem Schmutz (z.B. Laub, Blütenstaub), aber verglichen mit Kanalsedimenten aus Mischentwässerungen ist der Anteil an mineralischem Schmutz (Sand, Straßenabrieb, Staub) höher. Die Feststoffe aus dem Regenwasser der Trennkanalisation setzen sich also besser ab als solche aus dem Mischwasser. Leider stehen aber für das Trennsystem zur Zeit noch keine Absetzkurven analog zu Bild 7 zur Ver-

Des bassins de traitement pluvial de type piège ou transit, qui ne restent pas en eau en permanence, sont facilement concevables en séparateur à effet vortex. Pour ce type d'ouvrage, il est nécessaire qu'une partie du concentrat puisse être vidangée en permanence vers le réseau d'eau usée, et ceci dès le début de l'événement pluvieux. Plus ce débit est important, plus l'efficacité de séparation sera améliorée. En traitement d'eaux pluviales strictes, il est possible de réguler des débits pouvant descendre à 5 l/s, le risque de colmatage du régulateur étant bien plus faible qu'en réseau unitaire.

Le séparateur peut également, de par sa construction, retenir les flottants, c'est-à-dire les liquides peu denses comme les hydrocarbures. Cette caractéristique est indispensable pour le traitement des eaux de ruissellement des chaussées. Il faut néanmoins noter que cette fonction est atténuée en cas de surcharge hydraulique du séparateur. De même que pour les bassins de traitement pluvial classique, à fort débit des hydrocarbures peuvent être entraînés par dessous la cloison siphonide. Aussi, dans le cas où la fonction séparateur d'hydrocarbure est la plus importante, il faut retenir un séparateur de forte surface horizontale. Celle-ci ne devrait pas être inférieure à celle d'un bassin conventionnel.

Dans le réseau pluvial, l'ensemble des matières polluantes provient des surfaces. Elles comprennent une part importante de matières organiques (feuillage, pollen), mais comparées au réseau unitaire, elles sont nettement plus minérales (sable, produits d'érosion des chaussées, poussières). Ainsi, les matières solides des réseaux pluviaux décantent plus facilement que celles contenues dans les effluents unitaires. Malheureusement, l'on ne dispose pas encore, à ce jour, de courbes de sédimentation analogues à celle de la figure 7. On peut néanmoins tenir compte de cette

fügung. Einstweilen kann der Effekt bei der Bemessung eines Wirbelabscheiders für das Trennsystem jedoch dadurch berücksichtigt werden, daß statt der Verteilungskurve für "mittleres" Sediment in Anlage 5 diejenige für "schweres" Sediment gewählt wird.

5.1 Wirbelabscheider als Regenklärbecken (Durchlaufbecken)

Regenklärbecken, die als Durchlaufbecken ausgebildet sind, werden langsam durchströmt und die Feststoffe setzen sich ab, bevor das Regenwasser über den Klärüberlauf in den Vorfluter entweicht. Solche Becken haben in der Regel zusätzlich einen Beckenüberlauf. Dieser darf erst anspringen, wenn der Beckenzufluß den kritischen Zufluß Q_{krit} übersteigt - in Baden-Württemberg berechnet sich dieser unter bestimmten Voraussetzungen mit kritischen Regenspenden größer als $q_{krit} = 15 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$ bis hin zu $q_{krit} = 80 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$. Bei der Beckenbemessung muß eine höchstzulässige Oberflächenbeschickung von $q_A = 10 \text{ m/h}$ eingehalten werden; der Klärüberlauf sollte eine Schwellenbelastung von nicht mehr als $75 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h}) = 20,83 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$ haben, um die Saugwirkung zu minimieren. Volumina kleiner als 100 m^3 sind, um eine Mindestabsetzwirkung zu gewährleisten, zu vermeiden.

Solche Durchlaufbecken können ohne weiteres als Wirbelabscheider ausgebildet werden. Der Vorteil besteht darin, daß eine Schlammräumung entfällt, weil der Wirbelabscheider selbstreinigend ist. Auch hier muß ein kontinuierlicher Abfluß während des Regens die aufkonzentrierten Feststoffe in den Schmutzwasserkanal befördern.

Sowohl Durchlaufbecken als auch Wirbelabscheider reinigen das durchströmende Wasser, und zwar einschließlich eines eventuellen Spülstoßes. Für die Bemessung braucht deshalb nicht, wie beim Ersatz eines Fangbeckens, eine bessere Abschei-

différence en utilisant, sur la courbe en annexe 5, le sédiment "lourd" en lieu et place du sédiment "moyen".

5.1 Le séparateur vortex en tant que bassin transit de traitement des eaux pluviales

Les bassins de traitement d'eaux pluviales de type transit sont traversés lentement, de manière à permettre la décantation particulière, avant rejet des eaux au milieu récepteur via un déversoir de traitement. De tels bassins disposent en général d'une surverse amont. Celle-ci ne fonctionne que lorsque le débit d'alimentation dépasse une valeur critique Q_{krit} , qui dans le Bade-Wurtemberg correspondra à un débit spécifique de $15 \text{ à } 80 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$. Lors du dimensionnement du bassin, il faut veiller à respecter une charge superficielle d'au plus $q_A=10 \text{ m/h}$. Le déversoir ne devra pas fonctionner avec une charge linéaire dépassant $75 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ soit $20,83 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$, de manière à limiter l'entraînement des flottants sous la cloison siphonide. Les volumes inférieurs à 100 m^3 sont difficiles à exploiter et devraient être proscrits.

Les séparateurs à effet vortex peuvent sans problème remplacer des bassins de type transit. L'avantage est l'absence de nettoyage et d'enlèvement des boues, l'ouvrage étant auto-curant. Il faut, par contre, vidanger à débit constant l'ouvrage pendant la durée de l'événement pluvieux, vers le réseau d'eaux usées.

Les bassins transit, comme les séparateurs, épurent l'eau qui transite par l'ouvrage, y compris l'effet de rinçage. Aussi, contrairement à un bassin piège, il n'y a pas lieu de comparer l'effet piège et l'effet traitement. Le séparateur peut être dimen-

dewirkung des Wirbelabscheiders gegen die Speicherung des Spülstoßes angerechnet werden. Der Abscheider kann einfacher durch Wahl einer zulässigen Oberflächenbeschickung bemessen werden. Es ist also die Frage, bei welcher Oberflächenbeschickung er die gleiche Abscheidewirkung wie ein auf $q_A = 10$ m/h bemessenes Durchlaufbecken hat.

Die Abscheidewirkung eines Durchlaufbeckens ist stark von seiner Geometrie und auch der Gestaltung des Einlaufes abhängig. Es gibt derzeit noch wenig Untersuchungen, die das Absetzverhalten in Durchlaufbecken systematisch untersucht haben. Indizien deuten allerdings darauf hin, daß bei gleicher Oberflächenbeschickung ein Wirbelabscheider nur wenig besser abscheidet als ein sehr gut ausgebildetes Durchlaufbecken mit aufwendiger Gestaltung des Einlaufes. Solange aber über das Abscheideverhalten von Durchlaufbecken keine genaueren Daten vorliegen, ist ein signifikanter Vergleich nicht möglich. Es erscheint daher nicht gerechtfertigt, die zulässige Oberflächenbeschickung beim Wirbelabscheider größer als für ein Durchlaufbecken anzusetzen. Der Abscheider sollte so groß gewählt werden, daß die Oberflächenbeschickung beim Bemessungszufluß Q_{krit} den Wert $q_A = 10$ m/h nicht wesentlich überschreitet.

Der betriebliche Vorteil muß jedoch an dieser Stelle nochmals betont werden. Regenklärbecken sind stets Wartungspunkte im Netz, weil der angefallene Schlamm nach Entleerung des Beckens regelmäßig geräumt und entsorgt werden muß. Auch ist es bei Starkregen möglich, daß durch Überschreiten der Klärbedingungen abgesetztes Sediment wieder aufgewirbelt wird und so in den Vorfluter gelangt. Ein Wirbelabscheider ist im Betrieb selbstreinigend und fördert die aufkonzentrierten Sedimente während des Ereignisses zur Kläranlage. Dadurch ist es zulässig, bei Starkregen mit hoher Oberflächenbeschickung zu arbeiten

sionné de manière plus simple, en choisissant une charge superficielle maximale. La question revient alors à comparer son efficacité par rapport à celle d'un bassin transit conventionnel fonctionnant avec une charge superficielle maximale de $q_A = 10$ m/h.

L'efficacité d'un bassin transit dépend de sa géométrie et de l'agencement de son alimentation. Il n'y a, à ce jour, que peu d'études approfondies permettant de déterminer l'aptitude à la décantation de bassins transit. Des indices nous permettent cependant de penser qu'un séparateur n'est pas beaucoup plus efficace, à charge superficielle égale, qu'un bassin piège bien conçu et disposant d'un dispositif d'introduction et de répartition des effluents particulièrement soigné. Cependant, tant que des données précises sur l'aptitude à la décantation dans un bassin transit ne sont pas disponibles, la comparaison n'a pas de sens. Aussi n'est-il pas possible de justifier, à ce jour, une charge superficielle plus importante dans un séparateur à effet vortex que dans un bassin de type transit. Le séparateur devrait donc être dimensionné de manière à ce que la charge superficielle ne dépasse pas significativement la valeur $q_A = 10$ m/h.

Il convient néanmoins d'insister encore une fois sur les facilités d'exploitation et d'entretien présentées par un ouvrage de ce type. Les bassins de traitement conventionnels nécessitent un entretien après chaque événement pluvieux de manière à évacuer la boue accumulée et nettoyer le radier. Il est possible, que lors d'un événement pluvieux, une augmentation ponctuelle de débit provoque une remise en suspension des sédiments accumulés qui seraient entraînés vers le milieu récepteur. Le séparateur est auto-nettoyant et contribue, pendant la durée de l'événement, à la concentration des effluents vers la station

und auch die Wehrschwellenbelastung groß zu wählen, denn ein Wiederaufwirbeln von Abgesetztem ist ausgeschlossen. Wenn nicht hydraulische Gründe einen Notüberlauf fordern (vgl. Kap. 2.6), kann auf einen gesonderten Beckenüberlauf daher verzichtet werden.

5.2 Fangbecken mit Entleerung nach Regenende

Nach GABL. (1983) sollen in nicht ständig durchströmten Regenwasserkanälen von stark verschmutzten Flächen Fangbecken ohne Klärüberlauf angeordnet werden, die nach Regenende in den Schmutzwassersammler zu entleeren sind. Diese lassen sich ebenso wie Fangbecken in der Mischkanalisation durch einen Wirbelabscheider ersetzen. Für die Bemessung wird wieder auf die Vorgehensweise wie beim Mischsystem zurückgegriffen. Zunächst muß auch hier das Becken konventionell bemessen werden. Wie für ein Fangbecken im Mischsystem wird die Entlastungsrate e_0 des Beckens benötigt. Es gibt aber hier keinen Trockenwetterabfluß und die Beckenentleerung findet erst nach Beendigung des Regens mit Hilfe eines Schiebers statt. Folgende Modifikationen des Bemessungsverfahrens sind deshalb erforderlich:

Bemessungsabfluß:

$$Q_b = \frac{Q_{\text{rkrit}}}{2} = 7,5 \frac{1}{\text{s} \cdot \text{ha}} \cdot A_u \quad (5)$$

Bestimmungsgleichung⁵:

$$\frac{e_{o, \text{WA}}}{e_{o, \text{FB}}} = (1 - \beta) \cdot \frac{1 - \alpha \cdot \eta_{\text{BÜ},b}}{1 - \eta_{\text{H}_2\text{O},\text{WA}} - \alpha \cdot (\eta_{\text{WA},b} - \eta_{\text{H}_2\text{O},\text{WA}})} \cdot (1 - \eta_{\text{H}_2\text{O},\text{WA}}) \quad (6)$$

⁵ Diese Gleichung geht aus (2) mit dem Ansatz hervor, daß das Fangbecken während des Regens kein Wasser weiterleitet, also $\eta_{\text{H}_2\text{O},\text{FB}} = 0$ ist, während beim alternativ betrachteten Wirbelabscheider $\eta_{\text{H}_2\text{O},\text{WA}} > 0$ ist.

Cette équation est issue de l'équation (2) en faisant l'hypothèse que le bassin piège ne se vidange pas pendant l'événement, i. e. $\eta_{\text{H}_2\text{O},\text{FB}} = 0$, tandis que pour le séparateur équivalent, $\eta_{\text{H}_2\text{O},\text{WA}} > 0$.

d'épuration. Ceci rend possible le fonctionnement du séparateur pour les événements intenses, avec une charge superficielle plus forte et une charge hydraulique plus importante sur le déversoir circulaire, car la dispersion des particules sédimentées ou concentrées est impossible. Sauf contraintes hydrauliques particulières, on peut se passer d'une surverse de sécurité (Chapitre 2.6).

5.2 Bassin piège avec vidange en fin d'événement

Selon GABL. (1983), les réseaux pluviaux sans débit permanent qui drainent des surfaces particulièrement polluées doivent être équipés de bassins pièges, qui se vident dans le réseau d'eaux usées en fin d'événement. Ils peuvent, comme leurs homologues, en réseau unitaire, être remplacés par des séparateurs, de façon analogue. On doit également déterminer un taux de déversement. Il faut tout d'abord fixer le volume d'un bassin piège. Il n'y a pas de débit de temps sec, et la vidange, commandée par vanne motorisée, n'a lieu qu'en fin d'événement pluvieux. Les modifications suivantes sont à apporter à la méthode de dimensionnement:

Débit nominal:

Equation de dimensionnement⁵:

Entlastungsrate für das Fangbecken:

Auch für den Fall, daß aus dem Becken während des Regens kein Wasser weitergeleitet wird, also die weitergeleitete Regenspende $q_r = 0$ ist, kann nach den Formeln des Arbeitsblattes A 128 (1992) durch Extrapolation eine Entlastungsrate e_0 bestimmt werden:

$$e_0 = \frac{7260}{V_s + 73,6} - 6 \quad (7)$$

mit dem spezifischen Beckenvolumen V_s in m^3/ha und der Entlastungsrate⁶ e_0 in %. Gl. (7) ist in Bild 15 graphisch dargestellt.

Taux de déversement pour le bassin piège:

La détermination de e_0 dans le cas d'un bassin ne se vidant qu'en fin d'événement, i.e. avec un $q_r = 0$, est possible par extrapolation des formules contenues dans la règle ATV A 128 (1992):

avec un volume spécifique V_s en m^3/ha et un taux de déversement⁶ e_0 en %. Le graphique de la figure 15 traduit l'équation (7).

Fangbecken in der Trennkanalisation,
Entleerung nach Regenende, $q_r = 0 \text{ l/(s ha)}$
Bassin piège en réseau séparatif
Vidange après la fin de l'événement, $q_r = 0 \text{ l/(s ha)}$

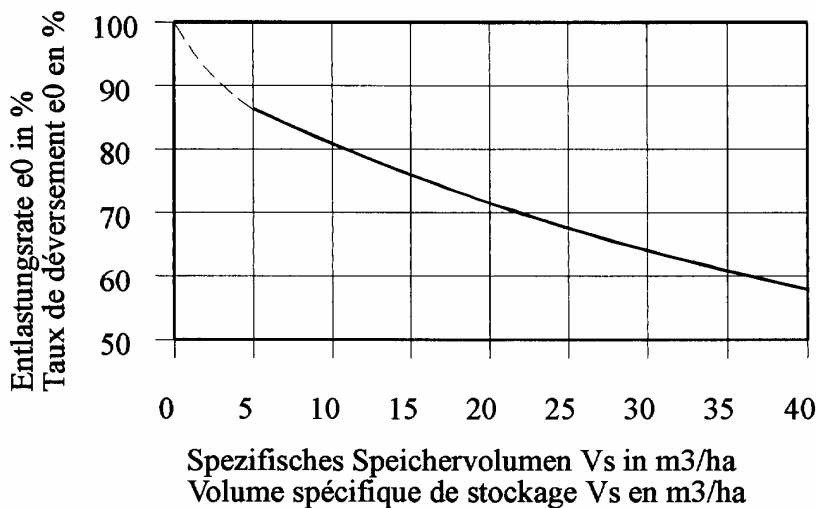


Bild 15: Entlastungsrate e_0 als Funktion des spezifischen Beckenvolumens V_s für Fangbecken in der Trennkanalisation, die erst nach Regenende entleert werden (gewonnen durch Extrapolation auf $q_r = 0$; für sehr kleine Volumina $V_s < 5 \text{ m}^3/\text{ha}$ erfolgte abweichend von Gl. 7 eine weitere Extrapolation auf $e_0 = 100 \%$ hin).

Figure 15: Taux de déversement e_0 en fonction du volume spécifique de bassin piège en réseau séparatif, avec vidange différée en fin d'événement (à partir de la figure 6 par extrapolation à $q_r = 0$; pour les volumes V_s très faibles, une extrapolation à $e_0 = 100 \%$ a été réalisée).

⁶ Diese Extrapolation über den Geltungsbereich von Bild 6 hinaus wird aus dem Grunde angesetzt, weil für die Entlastungsraten im gesamten Bereich für q_r ein einheitlicher Maßstab erforderlich ist. Durch die Bemessung über einen Vergleich Abscheider - Becken wirken sich mögliche Extrapolationsfehler nur gering aus.

Cette extrapolation en dehors du domaine de validité de la figure 6 permet d'appliquer la même méthode de détermination du taux de déversement e_0 à l'ensemble de la plage de variation de q_r . Les éventuelles erreurs, dues à cette extrapolation dans le cas d'un dimensionnement par comparaison d'un séparateur à un bassin piège, restent faibles.

Die Vorgehensweise bei der Bemessung ist ansonsten die gleiche wie in Kap. 2 beschrieben. Auch hier wird zunächst eine Wirbelabscheidergröße angenommen - als erste Schätzung auch hier etwa 2/3 des Volumens des konventionellen Regenklärbeckens. Für den Abscheider muß außerdem ein kontinuierlicher Abfluß Q_d zur Kläranlage gewählt werden. Mit dem nach (5) angesetzten Bemessungsabfluß wird nun der Parameter $\eta_{H_2O,WA}$ bestimmt; für das Fangbecken ist $\eta_{H_2O,FB} = 0$. Für den Abscheider und den Überlauf des Fangbeckens wird nun in fraktionierter Berechnung wie bereits bekannt, mit Hilfe der Anlagen 6 bis 10 der stationäre Abscheidewirkungsgrad $\eta_{WA,b}$ und $\eta_{BÜ,b}$ bestimmt und die Berechnung nach Variation der Abscheidergröße solange wiederholt, bis die linke und rechte Seite der Gl. (6) übereinstimmen. Es kann dabei die Kurve für "schweres" Sediment aus Anlage 5 angesetzt werden. Um mehr als 50 % sollte auch hier das Volumen sicherheitshalber nicht abgemindert werden.

5.3 Fangbecken mit kontinuierlichem Abfluß in den Schmutzwasserkanal

Erlaubt man, daß ein Fangbecken nicht erst nach Regenende entleert wird, sondern daß es bereits während des Regens einen kontinuierlichen Abfluß in den Schmutzwasserkanal einleitet, so entfällt die Notwendigkeit, nach Regenende einen Schieber zu öffnen. Die apparative Ausrüstung ist also einfacher. Die Betriebsweise ist dann die gleiche wie beim Wirbelabscheider. Ein solches Becken kann besonders vorteilhaft durch einen Wirbelabscheider ersetzt werden. - Als Bestimmungsgleichung muß in diesem Fall, wie im Mischsystem, Gl. (2) an Stelle von Gl. (6) angewandt werden. Darüber hinaus gelten die Angaben aus Kap. 5.1.

La suite de la méthode de dimensionnement est identique à celle décrite au chapitre 2. On adopte un volume de séparateur égal à 2/3 environ d'un bassin de traitement pluvial conventionnel ainsi qu'un débit de vidange vers la station d'épuration Q_d . Ce débit, issu de l'équation (5), permet la détermination du paramètre $\eta_{H_2O,WA}$. Pour le bassin piège, $\eta_{H_2O,FB} = 0$, on détermine ensuite, à l'aide d'un calcul par classe et des annexes 6 à 10, l'efficacité à régime permanent du séparateur $\eta_{WA,b}$ et du bassin piège $\eta_{BÜ,b}$. Le calcul pour différents types de séparateurs est poursuivi jusqu'à ce que le terme à gauche égale le terme à droite de l'équation (6). On peut utiliser à cet effet la courbe "sédiments lourds" de l'annexe 5. Par sécurité, il ne faudrait pas diminuer de plus de 50 % le volume.

5.3 Bassin piège avec vidange continue dans le réseau d'eaux usées.

Si l'on permet la vidange du bassin piège vers le réseau d'eaux usées dès le début de l'événement pluvieux, il n'y a plus obligation de prévoir une vanne motorisée s'ouvrant en fin d'événement pluvieux. L'équipement est alors moins lourd. Le fonctionnement devient identique à celui du séparateur et un tel bassin peut être très avantageusement remplacé par un séparateur. Pour le dimensionnement il y a lieu de remplacer, comme dans le cas d'un réseau unitaire, l'équation (6) par l'équation (2). Pour le reste, la méthodologie du chapitre 5.1 est applicable.

6 Beispiele ausgeführter Anlagen

6.1 Tengen

In Tengen/Hegau ist seit Juni 1987 die erste Wirbelabscheideranlage Deutschlands in Betrieb. Die Anlage besteht aus zwei gleichen Abscheidern *FluidSep 1* mit je $D = 3,0$ m Durchmesser, die parallel im Haupt-

Technische techniques:

	Daten/Données
Wirbelabscheider Séparateur à effet vortex	2 <i>FluidSep 1</i>
Durchmesser Diamètre	$D = 3,0$ m
Volumen Volume	$V = 2 \cdot 18 \text{ m}^3$
Drosselabfluß Débit de vidange	$Q_d = 2 \cdot 17,5 \text{ l/s}$
Bemessungszulauf Débit nominal	$Q_{\text{max}} = 2 \cdot 474 \text{ l/s}$

- 1 Zulauf aus dem Kanalnetz
Débouché du réseau d'assainissement
- 2 Wirbelabscheiderkammer
Corps du séparateur à effet vortex
- 3 Zuläufe zu den Wirbelabscheidern
Alimentation des deux séparateurs
- 4 Ablaufdrossel
Régulateur du débit de vidange
- 5 Ablauf zur Kläranlage
Débit régulé vers la station d'épuration
- 6 Ringschwelle
Crête déversante circulaire
- 7 Überlauframpe
Rampe d'évacuation des effluents déversés
- 8 Notüberlauf
Déversoir trop plein
- 9 Überlauf zum Gewässer
Rejet au milieu naturel
- 10 Gitterrost zum Rückhalten von Grobstoffen
Caillebotis permettant un dégrillage grossier
- 11 Grundablaß
Vidange aux points bas
- 12 Feinsieb
Dégrillage fin

6 Exemple d'installations réalisées

6.1 Tengen (Bade-Wurtemberg)

La première installation de séparation à effet vortex se trouve à Tengen (Hegau) en Allemagne. Elle fonctionne depuis 1987. L'installation comprend deux séparateurs identiques de 3 m de diamètre nominal,

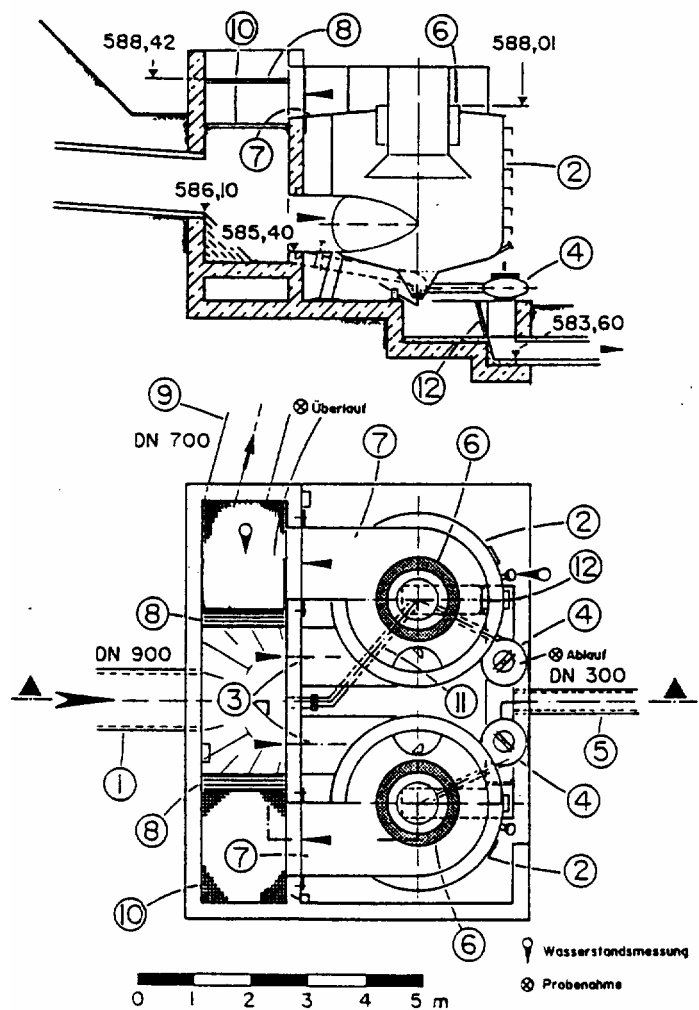


Bild 16: Grundriß und Schnitt der Anlage Tengen
Figure 16 Vue en plan et coupe de l'installation de Tengen

schluß angeordnet sind. Die Abscheider aus spezialbeschichtetem Normalstahl stehen frei auf einer Plattform am Hang - eine kosten- und wartungsfreundliche Lösung, wenn genügend Höhe zur Verfügung steht. Vorgeschaltet ist ein Notüberlauf, der allerdings nur bei extremen Ereignissen anspringt. Die Abläufe der beiden Abscheider sind mit je einem Wirbelventil gedrosselt. Als Besonderheit sind die Ablaufkonen der Abscheider als Geröllfang ausgebildet; das Geröll kann nach unten entnommen werden.

fonctionnant en parallèle et à connexion directe sur le réseau. Les séparateurs, réalisés en acier avec revêtement spécial, reposent simplement sur une plate-forme, à flanc de montagne: solution économique et permettant un entretien aisé préconisé pour les cas où l'on dispose d'une dénivelée suffisante. Ces deux séparateurs sont protégés par un déversoir primaire installé en amont. Ce dernier ne fonctionne toutefois que pour les événements extrêmes. La vidange des séparateurs est régulée grâce à deux régulateurs de débit à effet vortex. Les cônes formant les puisards de vidange des deux séparateurs ont une forme spéciale qui permet le piégeage des matières caillouteuses.

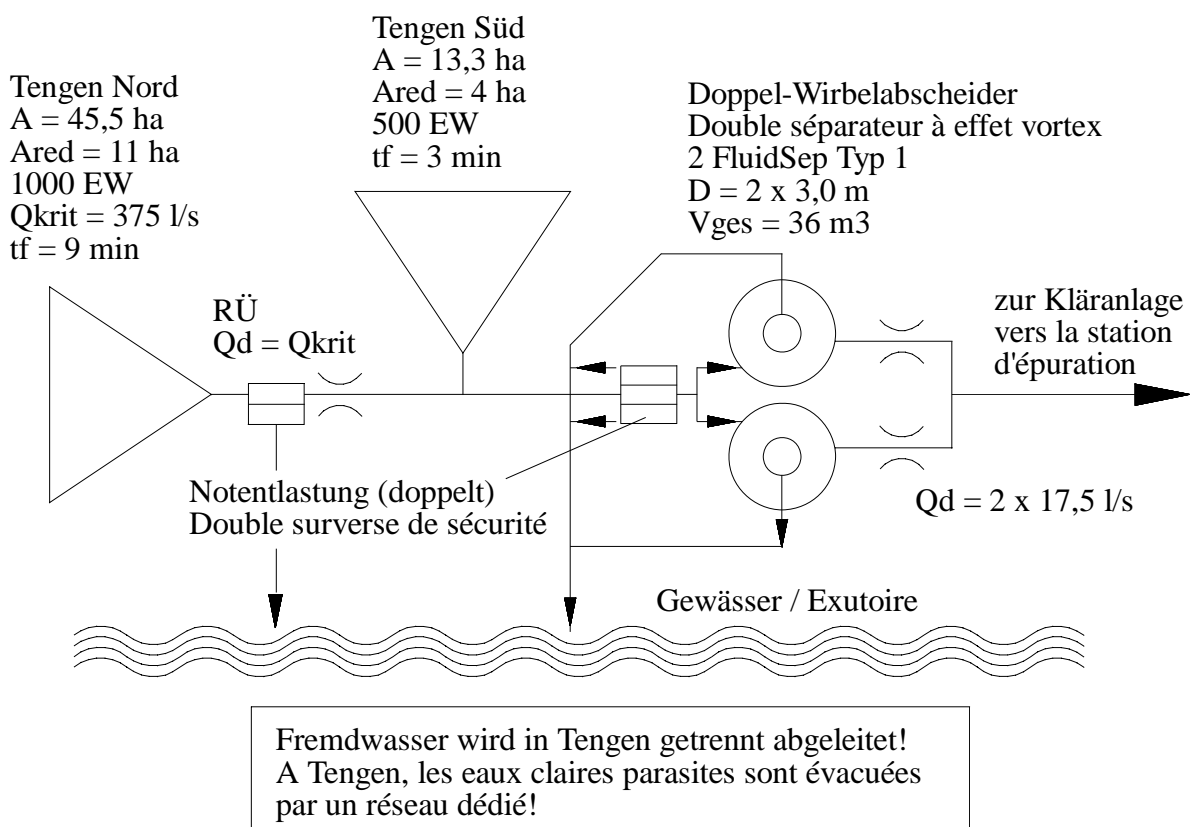


Bild 17: Systemskizze der Wirbelabscheideranlage Tengen mit Einzugsgebieten

Figure 17: Croquis de fonctionnement de l'installation de séparation à effet vortex de Tengen, avec représentation des bassins versants.

Die Anlage wurde in zwei wissenschaftlichen Untersuchungsprogrammen auf ihre Funktion und Reinigungsleistung überprüft (BROMBACH und KLEINSCHROT 1992, HAHN und XANTHOPOULOS 1992, XANTHOPOULOS und HAHN 1994), die vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe betreut wurden.

Im Rahmen seiner Diplomarbeit zog BAUMGARTNER (1990) während sechs Regenereignissen am Ablauf und Überlauf des Abscheiders manuell Mischwasserproben und analysierte diese auf verschiedene Abwasserparameter hin. Das ergab Ganglinien der Konzentrationen und Schmutzfrachten, die einen guten Einblick in die Abscheidewirkung gaben und in einem weiteren Schritt schließlich auch auf Wirkungsgrade in Abhängigkeit des jeweiligen, stationär angenommenen Zuflusses umgerechnet werden konnten (Bild 18).

Schließlich wurde auch der Versuch unternommen, aus den wegen des immensen Aufwandes nur wenigen beprobten Regenereignissen auf ein ganzes Jahr zu schließen. Obgleich die Tengener Abscheideranlage ein deutlich kleineres Volumen hat als nach der vorliegenden Methode bemessen, liefert sie doch Gesamtjahreswirkungsgrade bei Regen für den CSB in der Größenordnung von 70 - 78 % und für die Trockensubstanz (absetzbare Stoffe) von 72 - 80 %, was im Bereich der für Regenüberlaufbecken zu erwartenden Wirksamkeit liegt (HAHN und XANTHOPOULOS 1992). Die Arbeit von XANTHOPOULOS und BAUMGARTNER wurde mit dem Ernst-Kuntze-Preis der ATV gewürdigt.

Cette installation a fait l'objet de deux programmes de recherche qui ont permis d'analyser sa fonction et ses capacités d'auto-curage (BROMBACH et KLEINSCHROT 1992, HAHN et XANTHOPOULOS 1992, XANTHOPOULOS et HAHN 1994). Ces deux programmes ont été suivis par l'université de Karlsruhe.

BAUMGARTNER (1990) dans le cadre de son travail de fin d'étude, a suivi l'installation à l'aide d'échantillonnages manuels et d'analyses de plusieurs paramètres, au cours de 6 événements pluvieux, à la vidange et à la surverse. Ce travail a permis d'établir des pollutogrammes en concentration et en charge donnant un bon aperçu sur l'efficacité de séparation. Les données ont été extrapolées de manière à pouvoir déterminer l'efficacité en fonction du débit d'alimentation (supposé en régime permanent), cf. figure 18.

Il a finalement été décidé de conclure sur l'année entière, malgré le peu d'événements suivis pendant cette année du fait de la masse de travail qui en aurait résulté. Bien que l'installation de Tengen possède un volume bien plus faible que celui qui aurait résulté de l'application de la présente notice de dimensionnement, elle conduit néanmoins à une efficacité globale pour la DCO de l'ordre de 70 à 78 % et pour les matières décantables de 72 à 80 %, résultat habituellement attendu des bassins d'orage classiques (HAHN et XANTHOPOULOS 1992). Le travail de XANTHOPOULOS et de BAUMGARTNER a été récompensé par le prix Ernst-Kuntze de l'ATV.

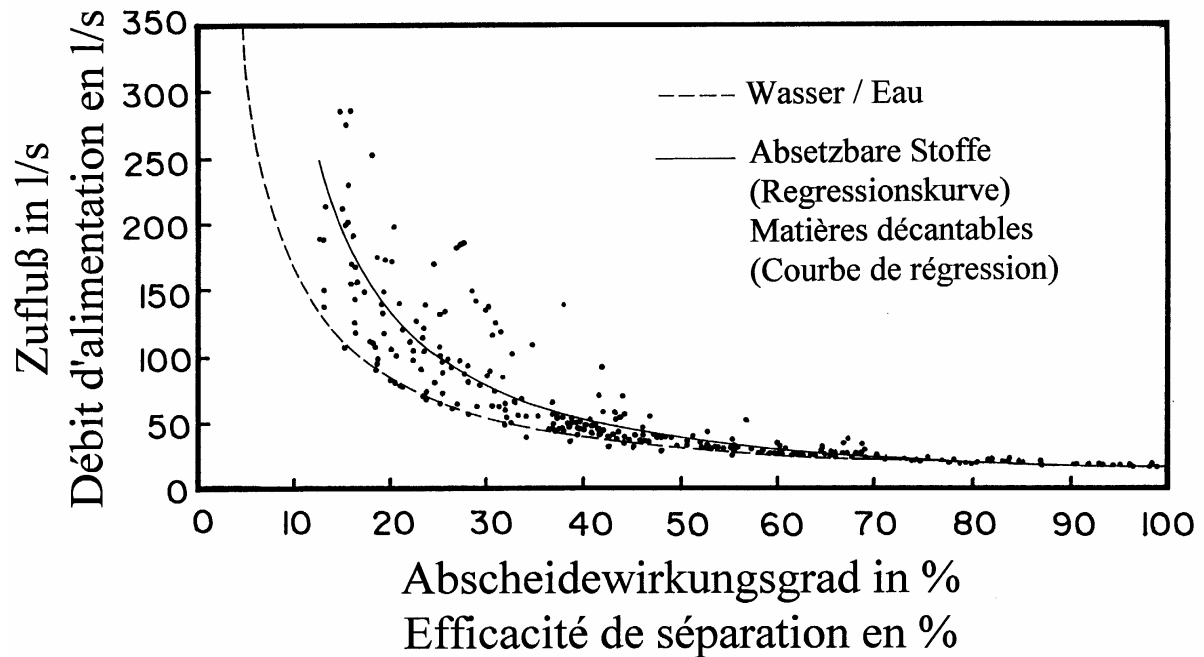


Bild 18: Stationärer Wirkungsgrad der Abscheideranlage Tengen für absetzbare Stoffe in Abhängigkeit des Zuflusses. In diesem Diagramm wurde jedoch der Effekt der Speicherung von Schmutzwasser im Abscheidervolumen nicht berücksichtigt, um die "reine" Abscheidewirkung beurteilen zu können. Ein Vergleich mit den oben beschriebenen Ganzjahres-Wirkungsgraden ist aus diesem Grund unzulässig.

Figure 18: Efficacité en régime établi de l'installation de séparation à effet vortex de Tengen, pour les matières décantables en fonction du débit d'alimentation. Ce diagramme n'intègre pas l'effet piège, de manière à pouvoir juger sur l'effet traitement uniquement. De ce fait, une comparaison avec les efficacités globales annuelles décrites plus haut n'est pas possible.

6.2 Lauf

Eine zweite Wirbelabscheider-Anlage befindet sich in Lauf-Niederhofen bei Achern in Baden. Hier dient der Wirbelabscheider als Vorbehandlungseinheit vor einem Durchlaufbecken (CHROMY 1990). Er ist im Hauptschluß angeordnet und verringert dadurch die Menge des in das Nebenschlußbecken eingetragenen Sedimentes. Ein Großteil der Regenereignisse werden bereits durch den Wirbelabscheider gepuffert, ohne daß das Becken eingestaut wird. Das ursprünglich geplante Beckenvolumen wurde durch den Einsatz des Wirbelabscheiders um ca. 50 % verringert.

6.2 Lauf (Bade-Wurtemberg)

La deuxième installation de séparation à effet vortex se trouve à Lauf-Niederhofen, près de Achern, dans le pays de Bade. Dans ce cas, le séparateur assure le prétraitement des effluents avant introduction dans un bassin type transit (CHROMY 1990). Installé en connexion directe, il limite la quantité de sédiments entrant dans le bassin. Une grande partie des événements pluvieux est tamponnée par le séparateur, sans que le bassin se mette en eau. Le volume de stockage initialement prévu a pu être réduit de 50 %.

Technische Daten/Données techniques:

Wirbelabscheider *FluidSep 3*
Séparateur à effet vortex

Durchmesser $D = 6,2 \text{ m}$
Diamètre

Volumen $V = 48 \text{ m}^3$
Volume

Drosselabfluß
Débit de vidange

$Q_d = 30 \text{ l/s}$

Bemessungszulauf
Débit nominal d'alimentation

$Q_{\text{max}} = 2220 \text{ l/s}$

- 1 Zulaufkanal
Conduite d'alimentation
- 2 Beckenüberlauf
Déversoir amont du bassin
- 3 Bewegl. Überfallklappe
Seuil déversant mobile
- 4 Wirbelabscheider
Séparateur à effet vortex
- 5 Ringschwelle
Crête de déversement circulaire
- 6 Überlauframpe
Rampe de déversement
- 7 Durchlaufbecken
Bassin transit
- 8 Tauchblech, Zulaufberuhigung
Paroi siphonide en tôle, tranquillisateurs
- 9 Schwimmstoffabweiser
Cloison siphonide permettant la rétention des flottants
- 10 Klärüberlauf
Déversoir de traitement
- 11 Ablaufsumpf
Puisard de vidange
- 12 Rührwerk
Agitateur
- 13 Ablaufleitung
Conduite de vidange
- 14 MID-Abflußregler
Régulation électro-magnétique de débit
- 15 Ablauf zur Kläranlage
vers la station d'épuration
- 16 Entlastungsleitung
Conduite d'évacuation des eaux pluviales déversées en amont
- 17 zum Gewässer
vers l'exutoire (milieu naturel)

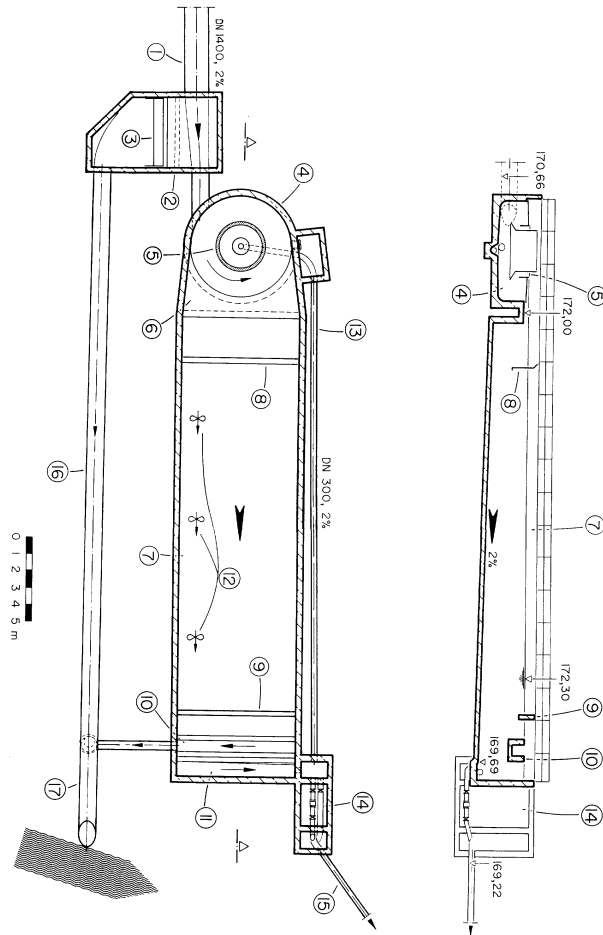


Bild 19: Grundriß und Schnitt der Wirbelabscheideranlage Lauf

Figure 19: Vue en plan et vue en coupe de l'installation de séparation par effet vortex de Lauf

Die Anlage Lauf wurde in das wissenschaftliche Untersuchungsprogramm "Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer", ein durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördertes Verbundprojekt, eingebunden. Im Rahmen dieses Programmes wurde gleichfalls bei mehreren Regenereignissen Proben gezogen (BMFT 1995). Die Ergebnisse zeigten, daß der Wirbelabscheider als Vorbehandlungseinheit gute Wirkung hat, daß aber bei Durchlaufbecken der Vorteil durch das Vorschalten eines Abscheiders von der Abscheidewirkung her eher gering ausfällt. Ein Jahreswirkungsgrad konnte bei diesem Projekt wegen der geringen Probenanzahl und des großen Aufwandes bislang nicht bestimmt werden. Ein großer Vorteil besteht allerdings von der betrieblichen Seite her, weil eine Vielzahl kleiner Regenereignisse durch das Wirbelabscheidervolumen gepuffert werden und das Becken gar nicht erst füllen. Der Wirbelabscheider ist selbstreinigend, während sich im Becken wesentlich weniger Ablagerungen bilden. Dadurch können Reinigungskosten eingespart werden.

L'installation de Lauf a été associée au programme de recherche "Pollution pluviale des cours d'eau" du Ministère Fédéral Allemand de la Recherche et des Technologies. En marge de ce programme, plusieurs événements pluvieux ont fait l'objet d'un suivi avec prélèvements (BMFT 1995). Les résultats ont démontré le rendement satisfaisant de l'ouvrage en prétraitement; par contre, le gain d'efficacité du bassin avec prétraitement par séparation à effet vortex sur le bassin situé en aval a été plutôt faible. Le rendement annuel n'a pu être déterminé du fait du faible nombre de prélèvements réalisés et du coût important d'un tel travail. A l'inverse, ce type d'association est très avantageux au niveau de l'entretien, car le séparateur suffit à tamponner entièrement un grand nombre d'événements pluvieux sans que le bassin d'orage ne soit mobilisé. Le séparateur est auto-curant et le bassin se trouve beaucoup moins chargé en sédiments. On peut ainsi réaliser des économies de nettoyage.

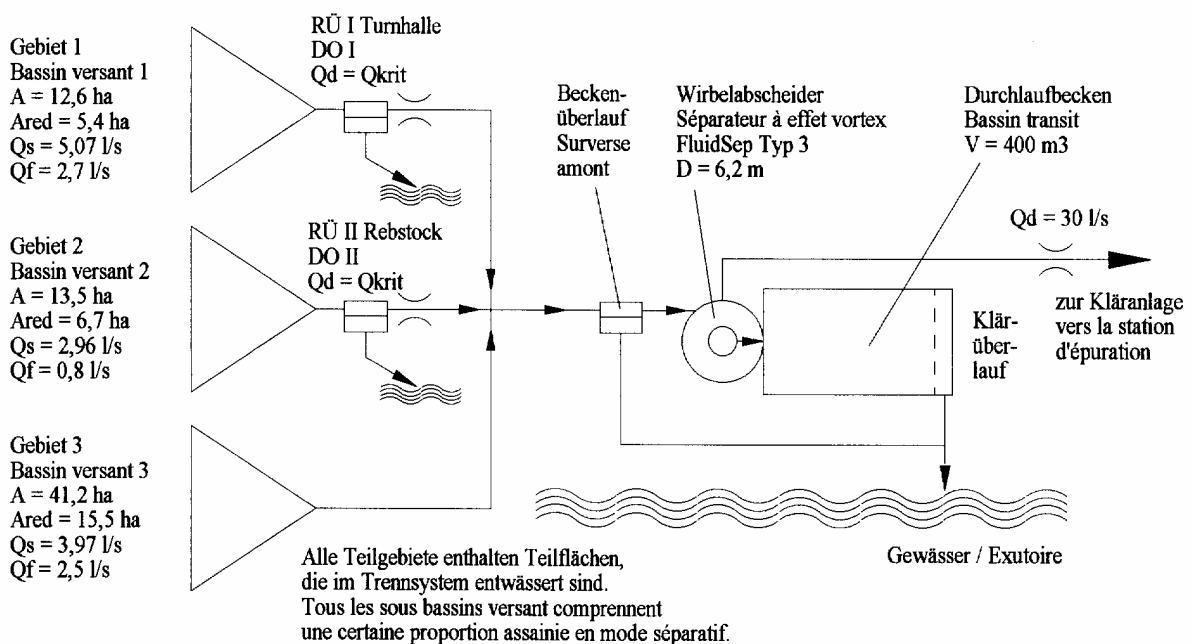


Bild 20: Systemskizze der Abscheideranlage Lauf

Figure 20: Schéma de principe de l'installation de séparation de Lauf

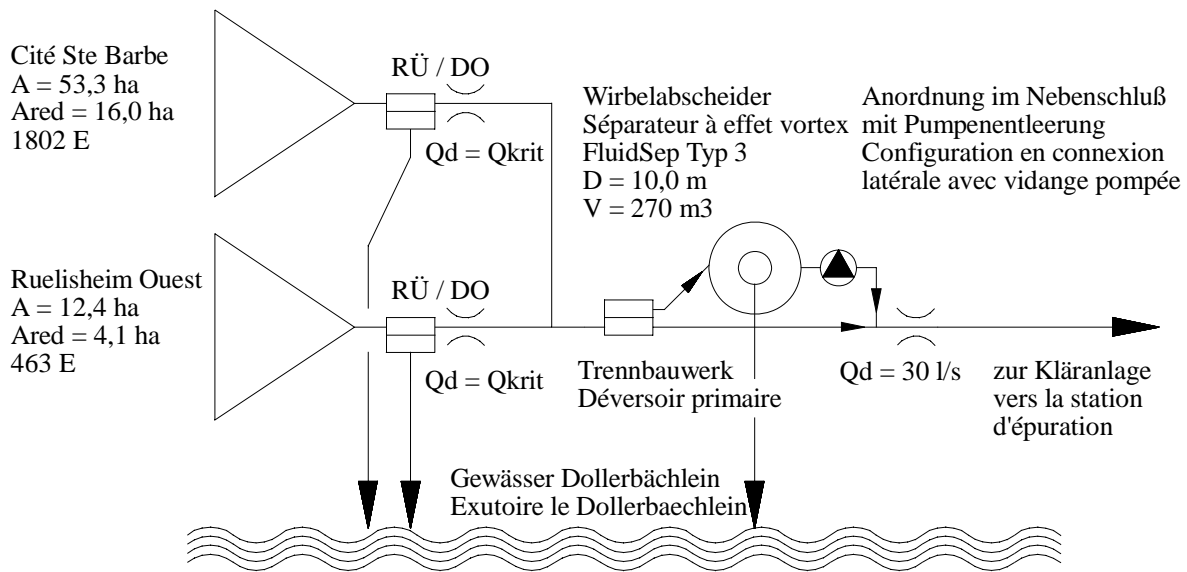


Bild 21: Systemskizze der Abscheideranlage WI.KI.RU
 Figure 21: Schéma de principe de l'installation du WI.KI.RU

6.3 Wittenheim-Kingsersheim-Ruelisheim/ Elsaß (WI.KI.RU)

Eine dritte Wirbelabscheideranlage befindet sich in Wittenheim-Kingsersheim-Ruelisheim (WI.KI.RU) bei Mulhouse/Elsaß. Im Gegensatz zu den beiden bereits vorgestellten Anlagen befindet sich hier der Wirbelabscheider aus Gründen der Höhenlage der Kanäle im Nebenschluß und wird durch ein Trennbauwerk beschickt. Sobald er eingestaut ist, springt ein Pumpwerk an, das das aufkonzentrierte Sediment aus der Mitte des Abscheiders vor die Drossel pumpt und durch das der Abscheider nach Regenende wieder entleert wird. Durch vorgeschaltete, auf den kritischen Zufluß Q_{krit} bemessene Überläufe wird der Maximalzufluß begrenzt. Der Abscheider in geschlossener Bauweise ist in Ort beton ausgeführt, wobei die Leitbleche vor dem Betonieren der Decke eingebaut wurden. Auch die Anlage Wittenheim-Kingsersheim-Ruelisheim ist Gegenstand umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchungen (DECK 1993, DESPRETZ 1994). Eine abschließende Bewertung steht hier jedoch noch aus.

6.3 Wittenheim-Kingsersheim- Ruelisheim/Alsace (Syndicat du WI.KI.RU)

La troisième installation se trouve à Ruelisheim (Syndicat Wittenheim-Kingsersheim-Ruelisheim) près de Mulhouse en Alsace. Contrairement aux installations précédemment décrites, celle-ci se trouve en connexion latérale du fait des dénivelées insuffisantes, et est alimentée par l'intermédiaire d'un ouvrage de déversement. Dès que ce dernier est en charge, la pompe de vidange se met en route, extrayant l'effluent concentré en sédiments vers la station d'épuration et jusqu'à la vidange de l'ouvrage après la fin de l'événement pluvieux. En raison de la présence de déversoirs primaires en amont, le débit d'alimentation est limité à Q_{krit} . Le séparateur, réalisé en béton armé coulé sur place, est entièrement enterré et couvert. Les éléments en tôle inox, comme le déflecteur et la cloison siphonée, ont été mis en place lors du bétonnage de la dalle supérieure. Cette installation a également fait l'objet de recherches approfondies (DECK 1993, DESPRETZ 1994). Le rapport final d'étude n'est pas encore disponible.

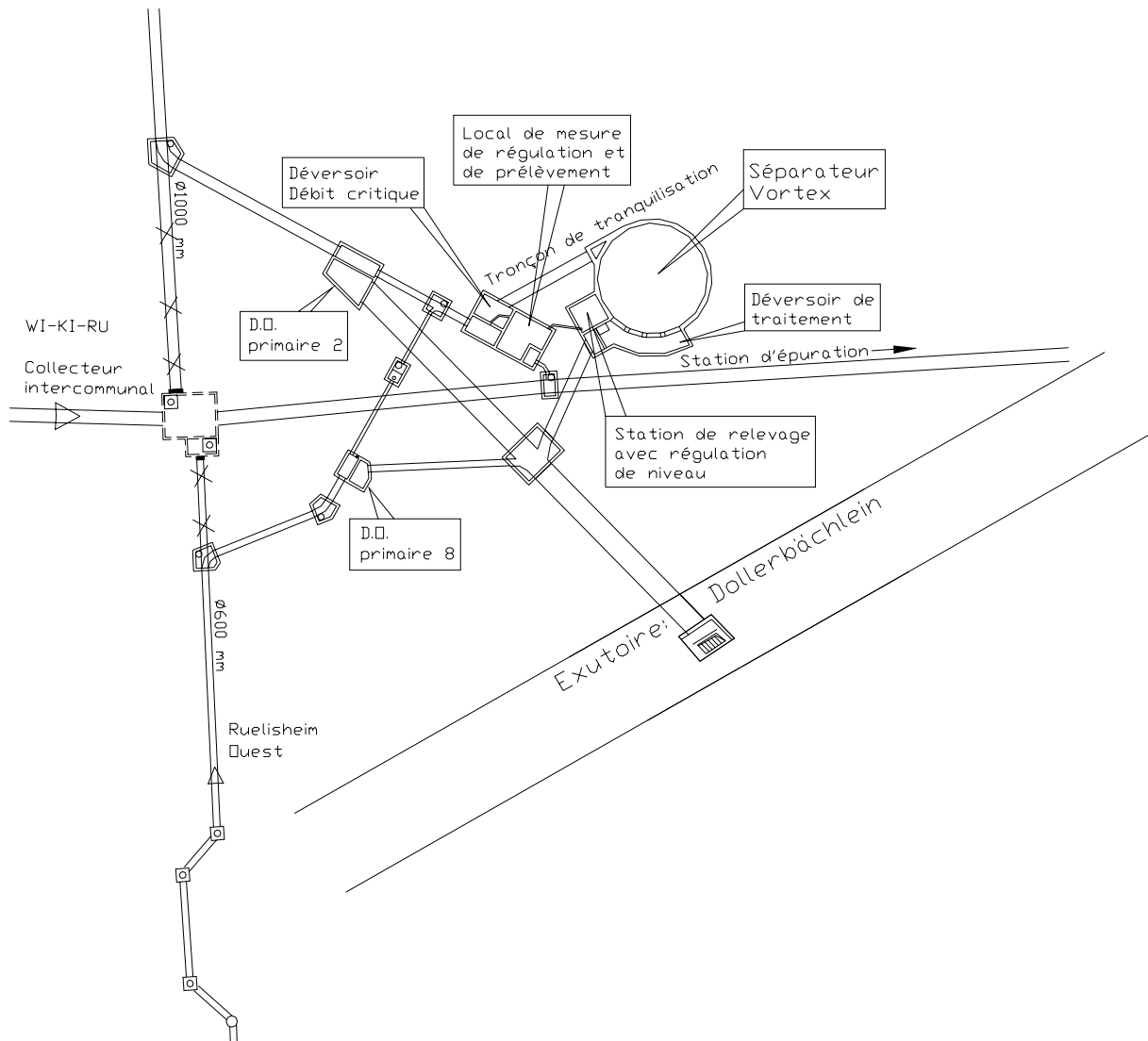


Bild 22: Grundriß der Anlage WI.KI.RU (Quelle: BEREST, Colmar)

Figure 22: Vue en plan de l'installation du WI.KI.RU (Source: BEREST, Colmar)

6.4 Decatur Lincoln Park, USA

Eine große Wirbelabscheideranlage wurde 1993 - 94 in Decatur, Illinois (USA) gebaut. Sie besteht aus vier gleichen Abscheidern vom Typ 2,5 (eine Zwischengröße zwischen den Standardtypen *FluidSep* 2 und 3) mit je 44 ft = 13,4 m Durchmesser. Ein zentrales, symmetrisch aufgebautes Sammel- und Verteilbauwerk nimmt die Abwässer aus drei großen Sammlern auf und verteilt sie auf die vier Abscheider. Die Symmetrie gewährleistet gleiche Beschikung der Abscheider in allen Betriebsfällen (Bild 23). Zusätzlich hat die Anlage ein großes Fangbecken zur Speicherung des Spülstoßes. Die Abläufe der Abscheider werden gepumpt. Der maximale Bemessungszufluß (1-jähriges maßgebendes Regenereignis) beträgt ca. 18 m³/s.

Das in die Anlage eintretende Mischwasser passiert zunächst ein Rechenbauwerk mit 1,25" = 32 mm lichtem Stababstand. Es füllt beim Beginn eines Regenereignisses zuerst das Fangbecken und anschließend die Wirbelabscheider, bis diese überlaufen. Nun springen die Ablaufpumpen der Abscheider an und fördern das mittig abgezogene Wasser (pro Abscheider $Q_d = 171$ l/s) ebenfalls in das Fangbecken. Zusammen mit dem bereits im Fangbecken gespeicherten "first flush" gelangt dieses Wasser über gesonderte Pumpen schließlich zum Klärwerk. Das aus den Abscheidern überlaufende Wasser gelangt direkt in den Sangamon River als Vorfluter.

Die Wirksamkeit der Anlage Decatur Lincoln Park wurde mit einem Meßprogramm nachgewiesen (DECATUR 1995). Die Vorgabe war ein stationärer Mindestwirkungsgrad von 15 % beim Bemessungszufluß. Dieses Ziel wurde von der Anlage erreicht.

6.4 Decatur Lincoln Park, USA

Une importante installation de séparation par effet vortex a été construite en 1993 - 1994 à Decatur dans l'Illinois (USA). Elle est composée de 4 séparateurs identiques de type 2,5 (une grandeur intermédiaire entre les types 2 et 3) avec un diamètre de 44 pieds, soit 13,4 m. Un ouvrage central de répartition parfaitement symétrique rassemble les effluents de 3 grands collecteurs qu'il répartit dans les quatre séparateurs. La symétrie permet une alimentation uniforme des 4 ouvrages, quelles que soient les conditions d'exploitation (figure 23). De plus, l'installation comprend un grand bassin piège destiné à stocker les volumes correspondant à l'effet de rinçage. Les vidanges sont effectuées par pompage.

Le débit, avant d'entrer dans les séparateurs, passe par un dégrillage ayant un entre-fer de 1" ^{1/4} = 32 mm. Le bassin piège se remplit avant les séparateurs. Le déversement de ces derniers provoque la mise en route de la vidange, vers le bassin piège, au débit de $Q_d = 171$ l/s/pompe. Les effluents, mélangés à ceux du premier flot de rinçage, sont dirigés vers la station d'épuration. Les eaux déversées sont directement rejetées à la rivière Sangamon.

L'efficacité de l'installation de Decatur Lincoln Park a été démontrée par une campagne de mesure (DECATUR 1995). Les hypothèses supposaient une efficacité à régime permanent d'au moins 15 % au débit nominal. Ce but a été atteint par l'installation.

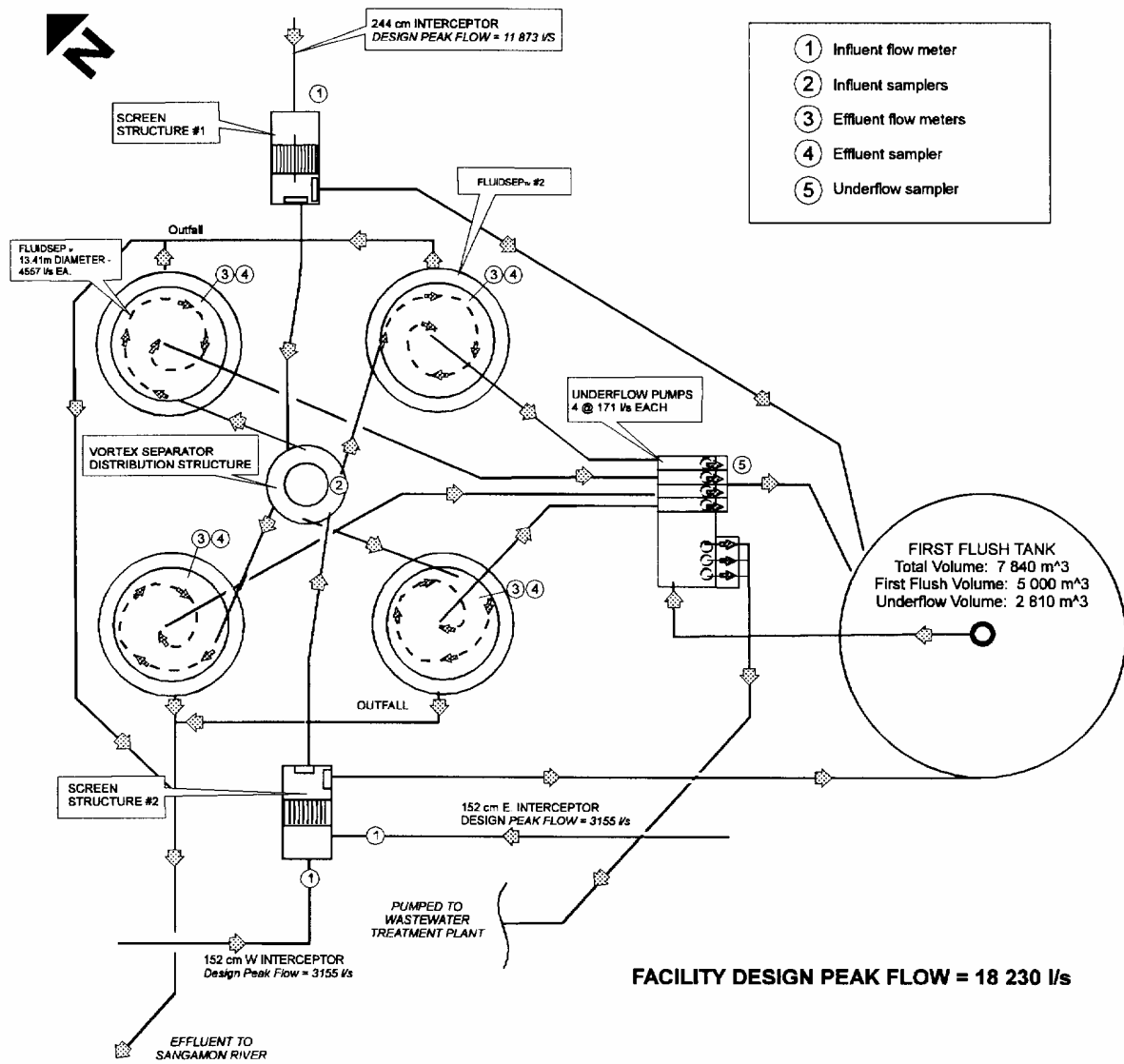


Bild 23: Wirbelabscheideranlage Decatur Lincoln Park (Schema), nach DECATUR (1995).
 Figure 23: Schéma de l'installation du séparateur vortex de Decatur Lincoln Park selon DECATUR (1995)

Bildseiten/Réproductions photographiques



Bild 24: Die Wirbelabscheideranlage Tengen, 5 Jahre nach der Inbetriebnahme. Die beiden Abscheider *FluidSep 1* mit je $D = 3,0$ m Durchmesser in Stahlbauweise sind an einem Hang frei aufgestellt. Im Vordergrund eines von zwei Wirbelventilen zur Abflußsteuerung.

Figure 24: Vue de l'unité de séparation par effet vortex de Tengen, 5 ans après sa mise en service. Les deux séparateurs *FluidSep 1* mécanosoudés, d'un diamètre de 3 m, sont installés à flanc de montagne. A l'avant, on distingue deux régulateurs de débit à effet vortex qui permettent de contrôler la vidange des ouvrages.

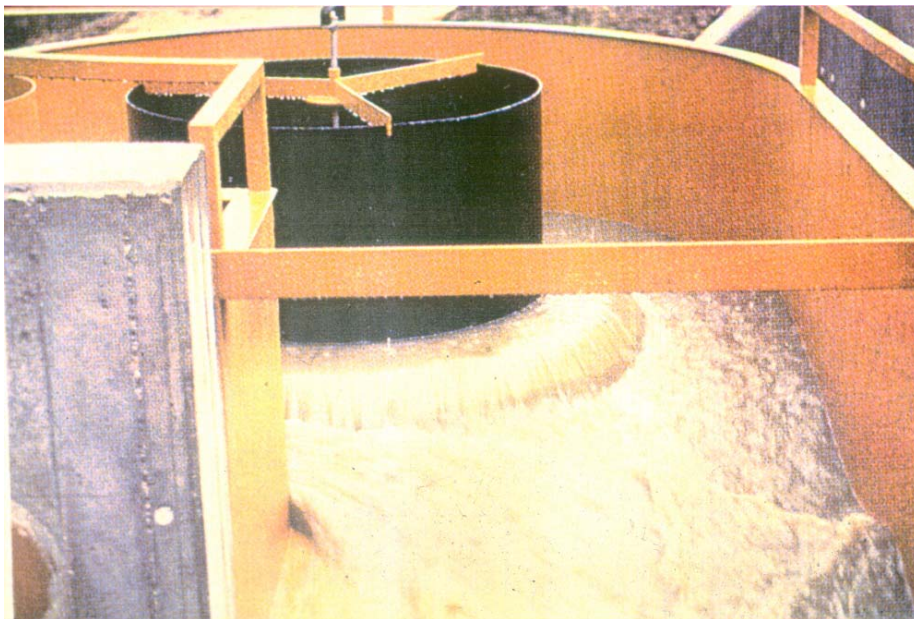


Bild 25: Überlaufereignis an der Anlage Tengen. Das Wasser fällt über die Ringschwelle.

Figure 25: Déversement en cours sur l'installation de Tengen. L'eau se déverse par dessus le seuil circulaire.



Bild 26: In Lauf bei Achern/Baden ist ein Wirbelabscheider *FluidSep 3* ($D = 6,2$ m) mit einem nachgeschalteten Durchlaufbecken kombiniert; hier das Bauwerk im Rohbau.
 Figure 26: A Lauf (dans le pays de Bade), un séparateur de type *FluidSep 3* ($D = 6,2$ m) assure le prétraitement des effluents avant rejet dans un bassin transit. Vue du gros oeuvre de l'installation



Bild 27: Die Einbauteile aus Edelstahl werden in Lauf in das Betonbauwerk eingehoben.
 Figure 27: Mise en place des éléments préfabriqués en acier inoxydable dans l'ouvrage en béton de Lauf



Bild 28: Der fertige Wirbelabscheider in Lauf. Vorn das Belüftungsrohr. Das "frei schwebende" Leitblech ist an quergelegten Trägern aufgehängt.

Figure 28: Le séparateur à effet vortex de Lauf. A l'avant, on voit l'évent. Le déflecteur est suspendu à une structure métallique en forme de croix.



Bild 29: Ansicht der Gesamtanlage Lauf nach der Inbetriebnahme.

Figure 29: Vue d'ensemble de l'installation de Lauf après mise en service.



Bild 30: Der Abscheider Wittenheim-Kingsheim-Ruelisheim (WI.KI.RU) im Elsaß im Bau. Der äußere Ring mit Tauchwand und Ringschwelle aus Edelstahl ist bereits in das Bauwerk eingesetzt, das Leitblech steht provisorisch auf dem Boden des Bauwerks, weil es erst später an der noch fehlenden Bauwerksdecke aufgehängt werden kann. Die tangential einmündende Zuleitung wartet ebenfalls noch auf ihre Vollendung.

Figure 30: Le séparateur du Syndicat WI.KI.RU (Wittenheim-Kingsheim-Ruelisheim) en construction. La cloison siphonoïde cylindrique est déjà en place, tandis que le déflecteur est simplement posé en fond de l'ouvrage dans l'attente de la construction de la dalle à laquelle il sera ensuite fixé. Le raccordement de la conduite d'alimentation tangentielle reste à achever.



Bild 31: Innenansicht des Abscheiders Wittenheim-Kingsheim-Ruelisheim (WI.KI.RU) nach einigen Einstauereignissen. Das Wasser steigt bis zur Mündung des Belüftungsrohres (links oben). Rechts Tauchwand und Leitblech. Der Zugang zum Bauwerk erfolgt hier über luftdicht verschraubte Schachtdeckel.

Figure 31: Vue de l'intérieur du séparateur du WI.KI.RU après plusieurs mises en charge. L'eau monte jusqu'à niveau des événements (en haut à gauche). A droite, on aperçoit la cloison siphonoïde et le déflecteur. L'accès au séparateur se fait ici par l'intermédiaire d'un tampon étanche boulonné.



Bild 32: Ringschwelle und Leitblech eines der vier Abscheider in Decatur Lincoln Park. Der Abscheiderdeckel besteht aus einer Blechkonstruktion, die mit Hängestangen an einem über das Bauwerk gelegten Trägerrost befestigt ist
(Foto: Dr. Pisano, Boston).

Figure 32: Cloison siphonoïde/déversoir et déflecteur de l'un des 4 séparateurs installés à Decatur Lincoln Park. La couverture du séparateur en tôle est suspendue à une structure métallique
(photo: Dr Pisano, Boston).



Bild 33: Der gleiche Abscheider wie Bild 30 von innen, unmittelbar nach Fertigstellung.
(Foto: Dr. Pisano, Boston).

Figure 33: Le même séparateur que figure 30, mais vu de l'intérieur immédiatement après l'achèvement des travaux.
(photo: Dr Pisano, Boston).

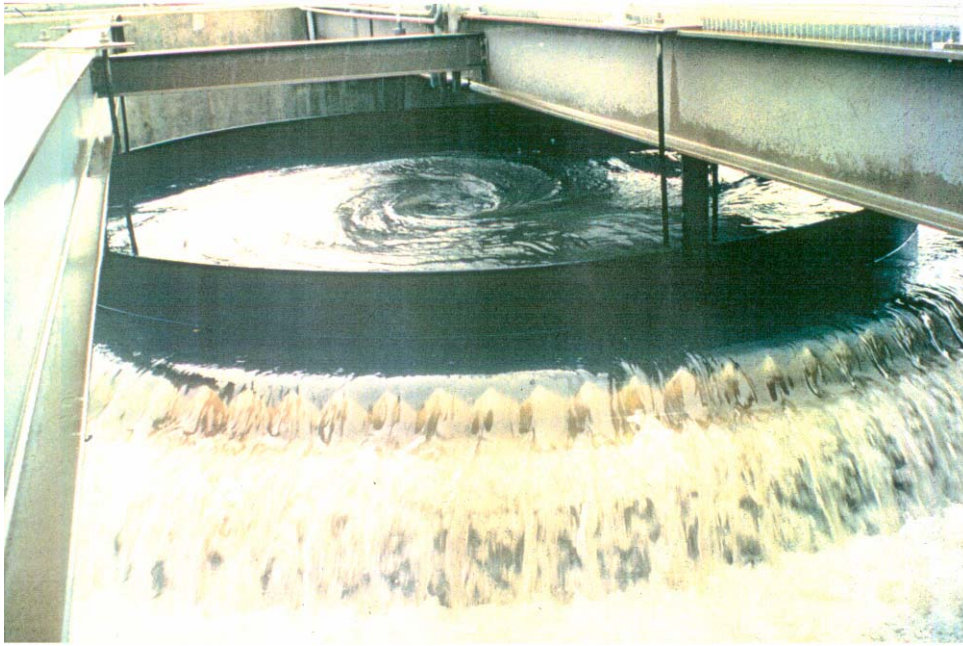


Bild 34: Ein Wirbelabscheider in Saginaw (USA) im Betrieb. Bei diesem Abscheider wurde die Ringschwelle als Zackenschwelle ausgebildet.

(Foto: Spicer Engineering)

Figure 34: Un séparateur à effet vortex en fonctionnement à Saginaw (USA). Pour cet ouvrage, le déversoir circulaire comprend des cannelures.

(photo: Spicer Engineering)

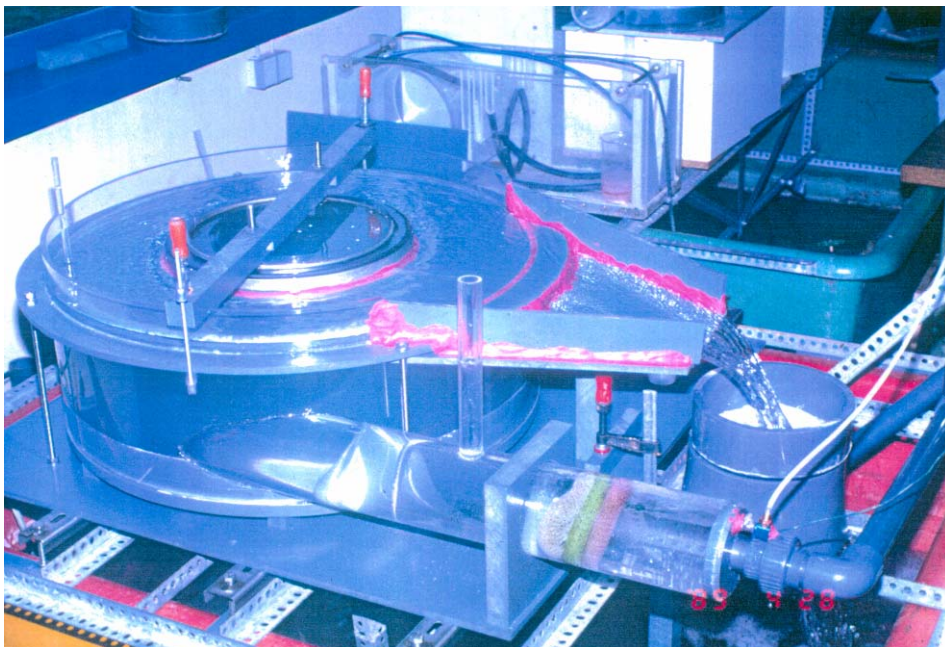


Bild 35: Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 3 im Modellversuch (Durchmesser $D = 0,75$ m). Das Abwassersediment wurde mit Kunststoffgranulat simuliert. In Bildmitte die Siebe zum Auffangen des übergelaufenen Sedimentes.

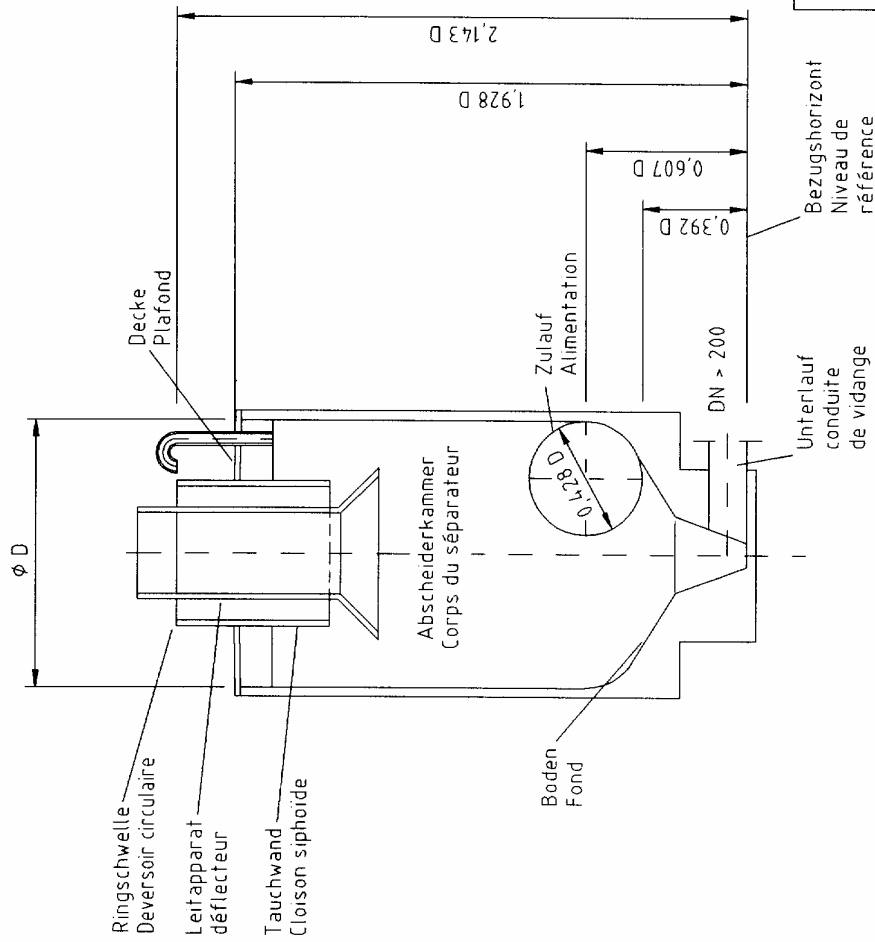
Figure 35: Séparateur à effet vortex de type 3 en modèle de laboratoire (diamètre $D = 0,75$ m). Les sédiments contenus dans les effluents ont été simulés par des granules en matière plastique. Au centre de la photo, on distingue le tamis permettant de recueillir les sédiments déversés.

Verzeichnis der Anlagen

	Seite
Anlage 1: <i>FluidSep</i> Typ 0,5, Standardproportionen in Abhängigkeit vom Durchmesser	73
Anlage 2: <i>FluidSep</i> Typ 1, Standardproportionen in Abhängigkeit vom Durchmesser	75
Anlage 3: <i>FluidSep</i> Typ 2, Standardproportionen in Abhängigkeit vom Durchmesser	77
Anlage 4: <i>FluidSep</i> Typ 3, Standardproportionen in Abhängigkeit vom Durchmesser	79
Anlage 5: Verteilungskurven für die Sinkgeschwindigkeit der abwasserbürtigen Feststoffe	81
Anlage 6: <i>FluidSep</i> Typ 0,5, Stationärer Abscheidewirkungsgrad	83
Anlage 7: <i>FluidSep</i> Typ 1, Stationärer Abscheidewirkungsgrad	85
Anlage 8: <i>FluidSep</i> Typ 2, Stationärer Abscheidewirkungsgrad	87
Anlage 9: <i>FluidSep</i> Typ 3, Stationärer Abscheidewirkungsgrad	89
Anlage 10: Beckenüberlauf, Stationärer Abscheidewirkungsgrad	91
Anlage 11: Beispielbemessung des Fangbeckens nach ATV-Arbeitsblatt A 128	93
Anlage 12: Herleitung von Gleichung (2)	95

Annexes

	Page
Annexe 1: <i>FluidSep</i> type 0,5. Dimensions standard proportionnelles au diamètre	73
Annexe 2: <i>FluidSep</i> type 1. Dimensions standard proportionnelles au diamètre	75
Annexe 3: <i>FluidSep</i> type 2. Dimensions standard proportionnelles au diamètre	77
Annexe 4: <i>FluidSep</i> type 3. Dimensions standard proportionnelles au diamètre	79
Annexe 5: Courbes de sédimentation fractionnée de la pollution particulaire présente dans les effluents	81
Annexe 6: <i>FluidSep</i> type 0,5. Efficacité de séparation en régime permanent	83
Annexe 7: <i>FluidSep</i> type 1. Efficacité de séparation en régime permanent	85
Annexe 8: <i>FluidSep</i> type 2. Efficacité de séparation en régime permanent	87
Annexe 9: <i>FluidSep</i> type 3. Efficacité de séparation en régime permanent	89
Annexe 10: Déversoir du bassin piège : efficacité de séparation en régime permanent	91
Annexe 11: Exemple de dimensionnement d'un bassin piège selon la règle ATV A 128	93
Annexe 12: Démonstration de l'équation (2)	95

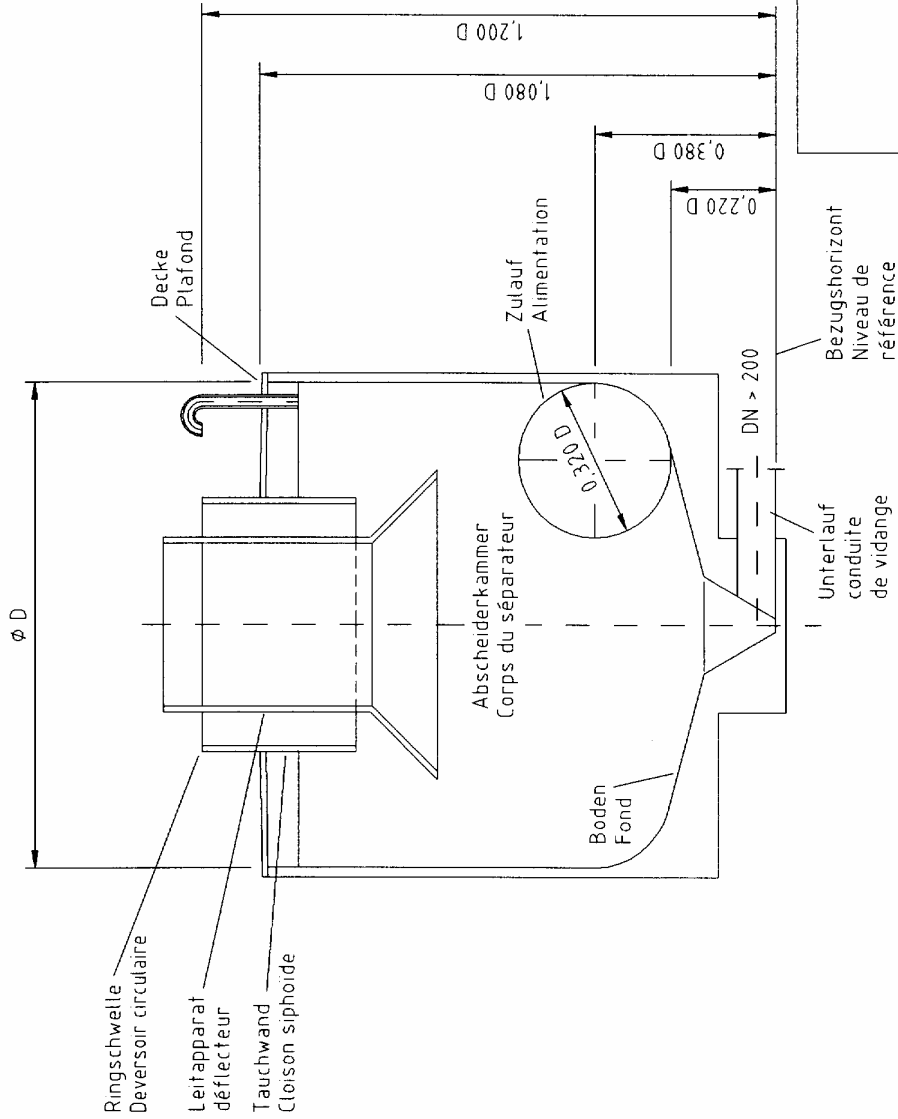


Anlage 1 / Annexe 1

Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 0,5
Standardproportionen in Abhängigkeit
vom Durchmesser D

Séparateur à effet vortex *FluidSep* type 0,5
Dimensions standard proportionnelles
au diamètre nominal D

Nenn Durchmesser Diamètre nominal	D
Volumen Volume	$V = 1,171 D^3$
Oberfläche Surface horizontale	$A_{wa} = 0,785 D^2$

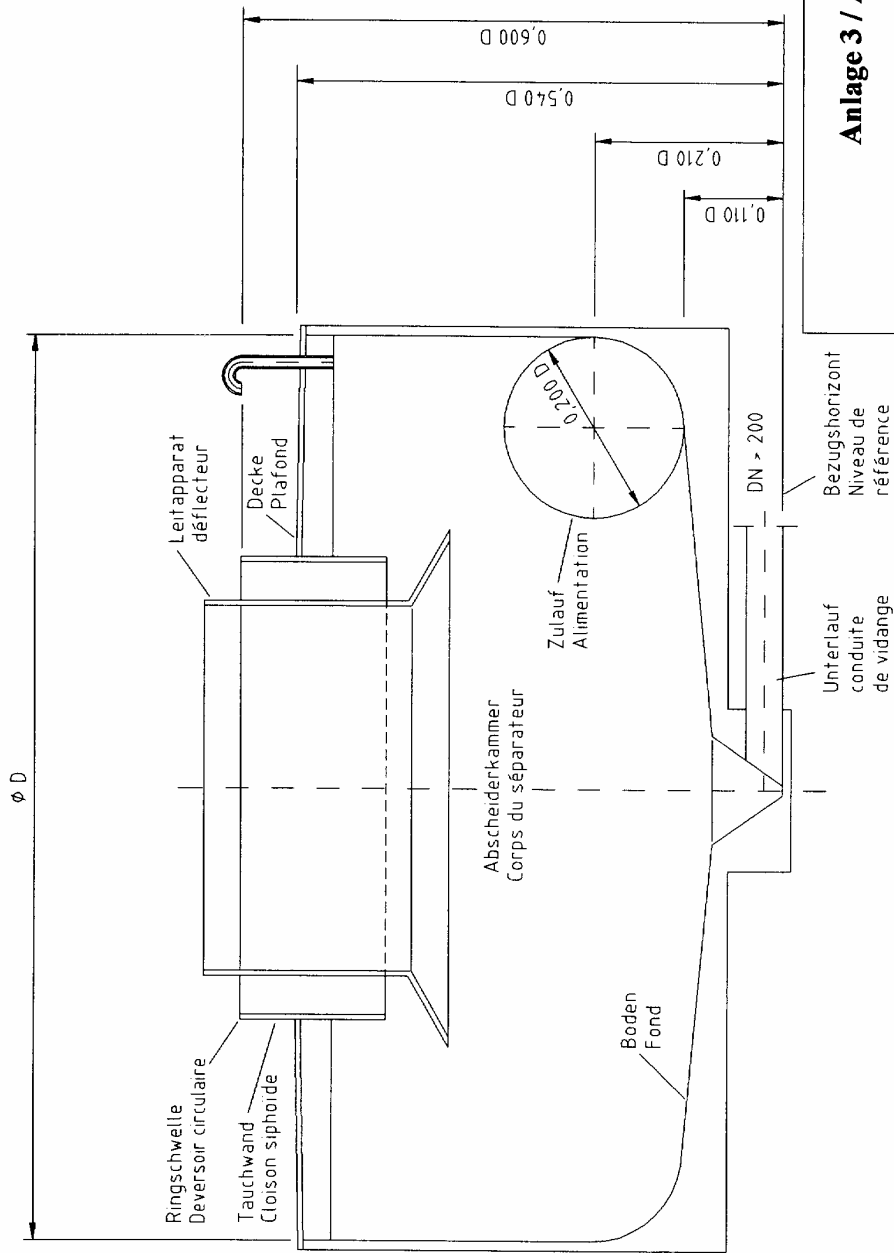


Neendurchmesser Diamètre nominal	D		
Volumen Volume		$V = 0,656 D^3$	
Oberfläche Surface horizontale		$A_{WA} = 0,785 D^2$	

Anlage 2 / Annexe 2

Wirbelabscheider FluidSep Typ 1
Standardproportionen in Abhängigkeit vom Durchmesser D

Séparateur à effet vortex FluidSep type 1
Dimensions standard proportionnelles au diamètre nominal D

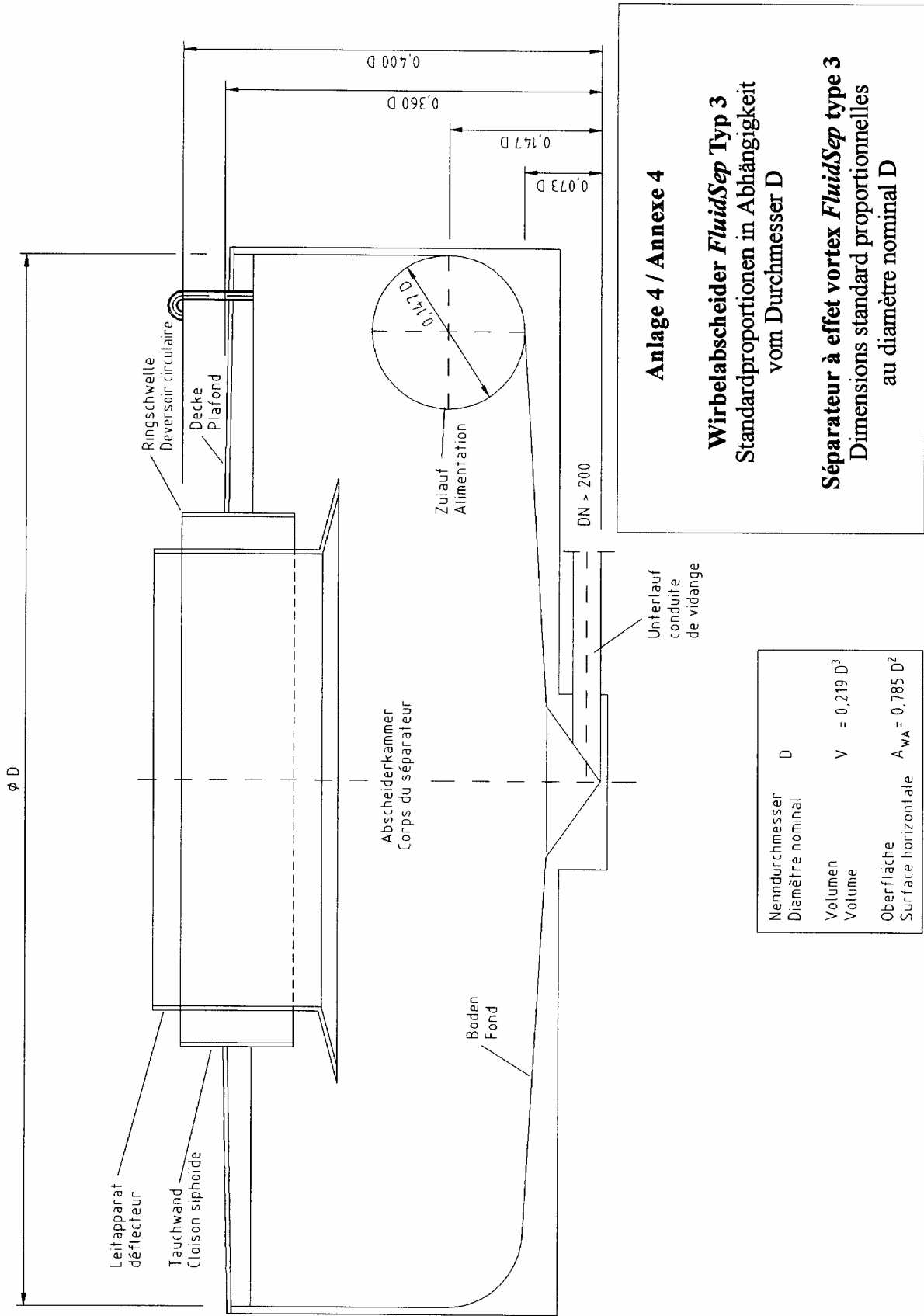


Anlage 3 / Annexe 3

Wirbelabscheider FluidSep Typ 2
Standardproportionen in Abhängigkeit
vom Durchmesser D

Séparateur à effet vortex FluidSep type 2
Dimensions standard proportionnelles
au diamètre nominal D

Nenndurchmesser Diamètre nominal	D
Volumen Volume	$V = 0,330 D^3$
Oberfläche Surface horizontale	$A_{WA} = 0,785 D^2$



Anlage 4 / Annexe 4

Wirbelabscheider FluidSep Typ 3
Standardproportionen in Abhängigkeit
vom Durchmesser D

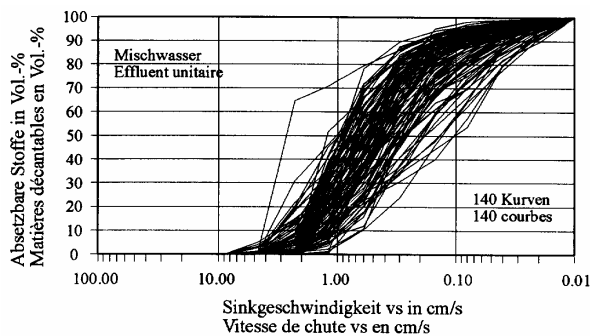
Séparateur à effet vortex FluidSep type 3
Dimensions standard proportionnelles
au diamètre nominal D

Anlage 5: Verteilungskurven für die Sinkgeschwindigkeit abwasserbürtiger Feststoffe

Annexe 5: Courbes de sédimentation fractionnée pour les matières solides contenues dans les effluents

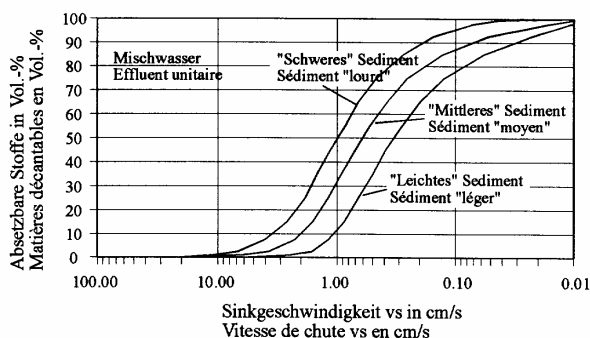
Abwasserbürtiges Sediment zeichnet sich durch ein breites Spektrum an Sinkgeschwindigkeiten aus. Die untenstehende Graphik, identisch mit Bild 7, enthält Untersuchungen der Feststoffe aus 140 Mischwasserproben verschiedenster Herkunft aus Mischkanalisationen (BROMBACH et al. 1992) mit Hilfe des Verfahrens der fraktionierten Sedimentation in einer Absetzsäule. Um die Spanne des anzutreffenden Sedimentes bei der Bemessung eines Wirbelabscheiders nach der vorliegenden Anleitung berücksichtigen zu können, wurden je eine Kurve für "leichtes", "mittleres" und "schweres" Sediment visuell eingezeichnet. In der untenstehenden Tabelle wurde die maßgebende Sinkgeschwindigkeit für jede Fraktion bestimmt. Schwimmstoffe sind in dieser Darstellung nicht enthalten, sie machen aber einen nur sehr geringen Prozentsatz der abwasserbürtigen Feststoffe aus.

Les matières solides contenues dans les effluents sont caractérisées par un spectre étendu des vitesses de sédimentation. Le graphique ci-contre, identique à celui de la figure 7, contient les résultats des essais de sédimentation fractionnée (effectués à l'aide d'une colonne de sédimentation) qui ont été menés sur 140 échantillons prélevés dans plusieurs réseaux différents (Brombach et al. 1992). Pour tenir compte de ce spectre dans le dimensionnement d'un séparateur à effet vortex, trois courbes moyennes en ont été extraites: sédiments "légers", "moyens", "lourds". Le tableau ci-dessous donne les vitesses de sédimentation par classe. Les flottants ne sont pas compris dans cette exploitation: ils ne représentent cependant qu'une petite partie des matières solides contenues dans les effluents.



Verteilungskurven für die Sinkgeschwindigkeit von Mischwassersedimenten (nach BROMBACH et al. 1992)

Spectre des courbes de sédimentation pour des effluents unitaires (selon BROMBACH et al. 1992)



Für Bemessungsaufgaben empfiehlt es sich generell, mit der "mittleren" Kurve zu arbeiten, weil in der Regel über das Abwassersediment nichts bekannt ist. Zur Abschätzung, wie sich die Eigenschaften des Sedimentes auf das Ergebnis, z.B. auf die erforderliche Größe eines Wirbelabscheiders, auswirkt, können mit den beiden anderen Kurven Vergleichsrechnungen durchgeführt werden.

Pour les dimensionnements, il est généralement conseillé d'adopter la courbe des sédiments moyens, car les caractéristiques (vitesses de sédimentation) de l'effluent sont rarement connues. Pour apprécier l'influence d'une modification de ces caractéristiques sur la séparation, et par conséquent sur la taille du séparateur, on peut réaliser un dimensionnement pour chacune des trois courbes.

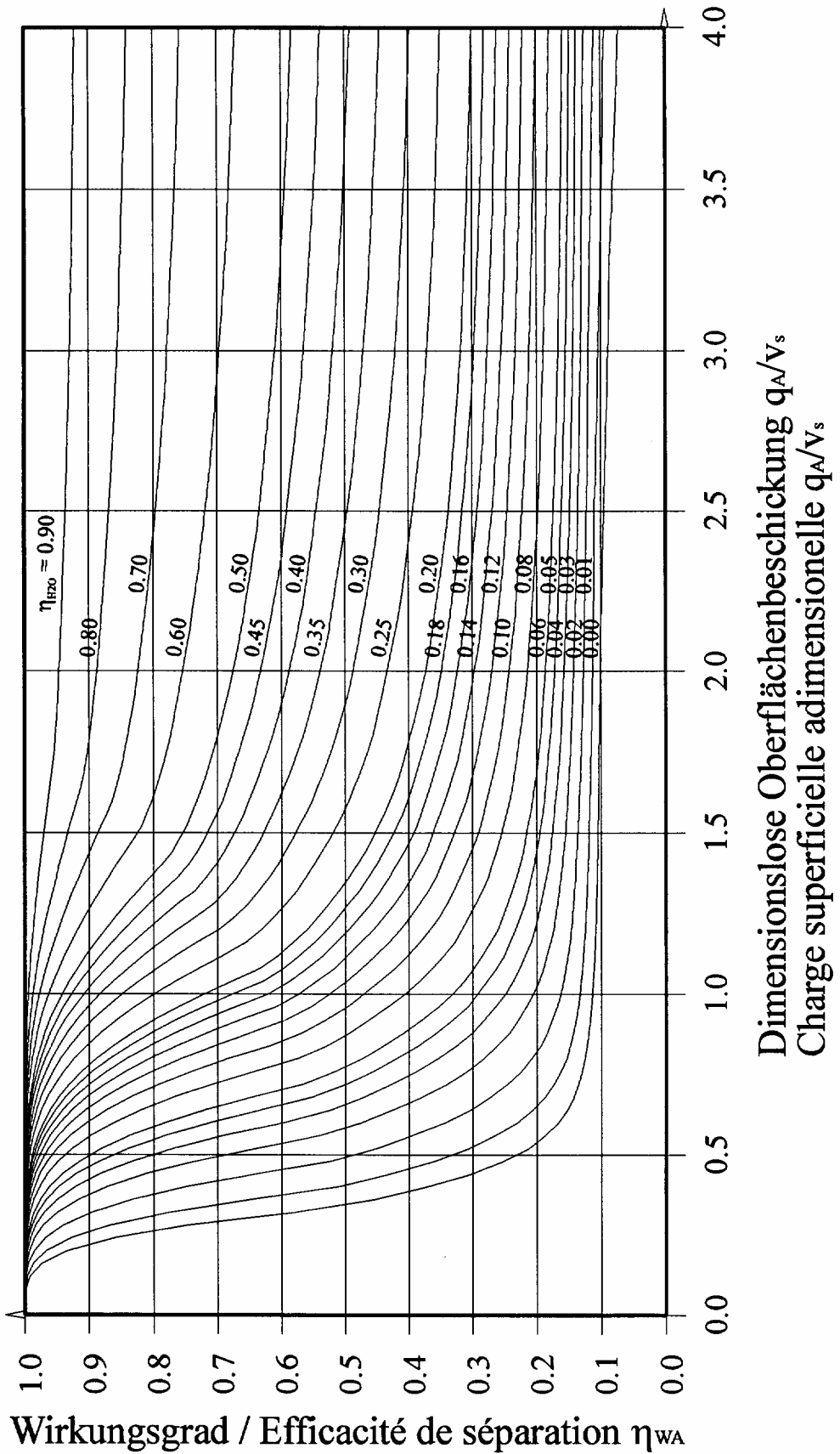
Vergleichbare Kurven für Sedimente aus Trennkanalisationen liegen derzeit noch nicht vor. Für Anwendungen bei Trennsystemen kann aber ggf. die Kurve für "schweres" Sediment angesetzt werden.

Des courbes comparables pour des sédiments issus de réseaux pluviaux n'existent pas encore. Le cas échéant, on pourra utiliser la courbe "sédiments lourds" pour un dimensionnement en réseau séparatif.

Sedimentfraktionen Classe de sédiment		Maßgebende Sinkgeschwindigkeit v_s in cm/s Vitesse de sédimentation médiane v_s en cm/s		
Volumen- %	Anteil der Fraktion in % der Probe	"Leichtes" Sediment	"Mittleres" Sediment	"Schweres" Sediment
Volume en %	Pourcentage par rapport à l'échantillon	Sédiment "léger"	Sédiment "moyen"	Sédiment "lourd"
95-100%	5,0	1,227	2,827	5,158
90- 95%	5,0	0,887	1,699	3,042
80- 90%	10,0	0,653	1,203	1,986
70- 80%	10,0	0,499	0,895	1,397
60- 70%	10,0	0,375	0,691	1,108
50- 60%	10,0	0,292	0,528	0,855
40- 50%	10,0	0,213	0,396	0,651
30- 40%	10,0	0,150	0,284	0,499
20- 30%	10,0	0,094	0,192	0,351
10- 20%	10,0	0,044	0,097	0,208
5- 10%	5,0	0,017	0,040	0,116
0- 5%	5,0	0,008	0,013	0,055

Wirbelabscheider / Séparateur à effet vortex *FluidSep* 0,5

Dimensionslose Abscheidelinien aus Modellversuchen
 Hochgerechnet auf die Großausführung nach Original-Meßdaten
 Courbes adimensionnelles d'efficacité obtenues sur modèle réduit
 et transposées sur des installations à l'échelle 1 à partir de données in situ

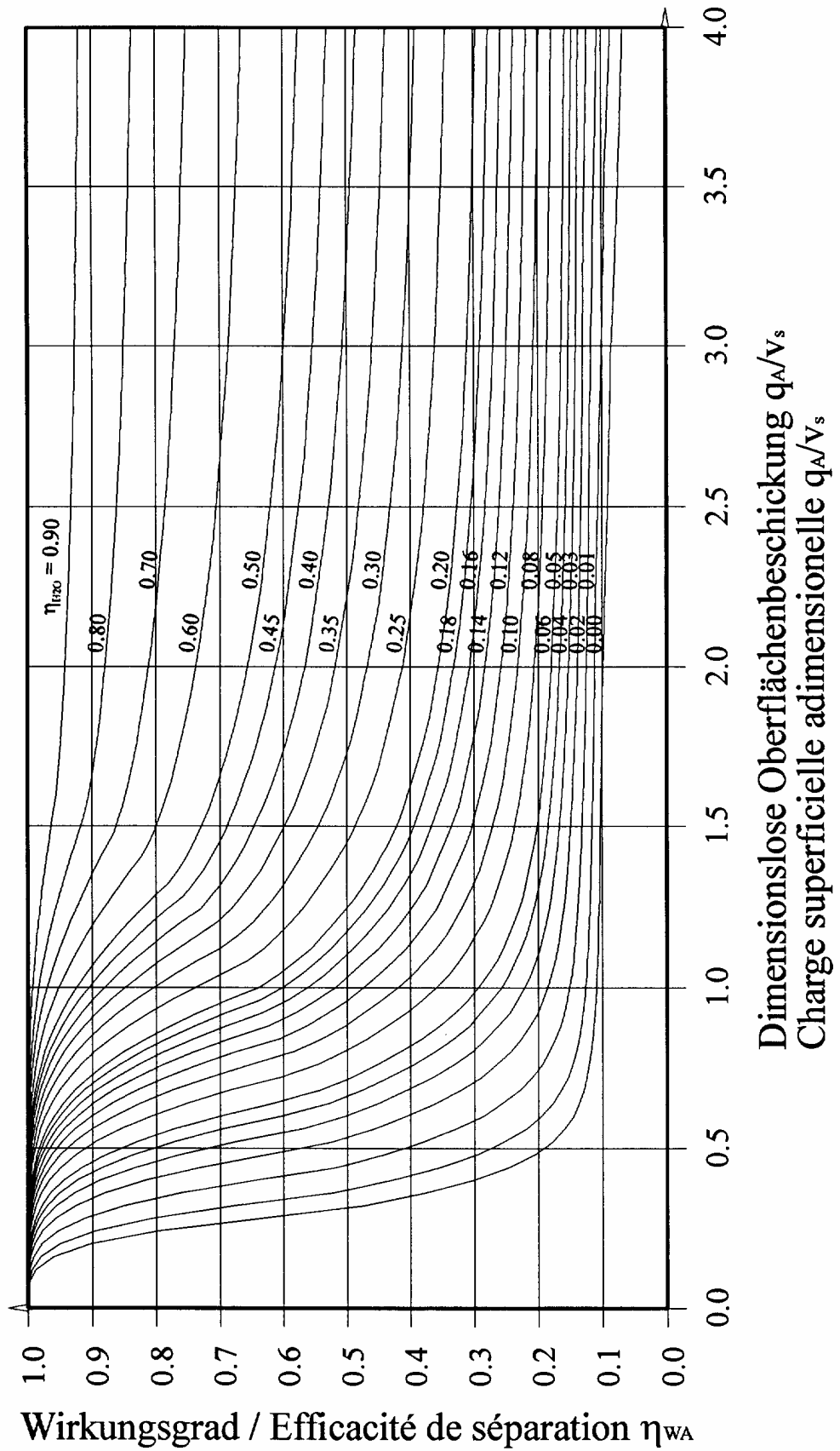


Anlage 6: Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 0,5, stationärer Abscheidewirkungsgrad
 Annexe 6: *FluidSep* type 0,5. Efficacité de séparation en régime permanent

Anlage 7: Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 1, stationärer Abscheidewirkungsgrad
 Annexe 7: *FluidSep* type 1. Efficacité de séparation en régime permanent

Wirbelabscheider / Séparateur à effet vortex *FluidSep* 1

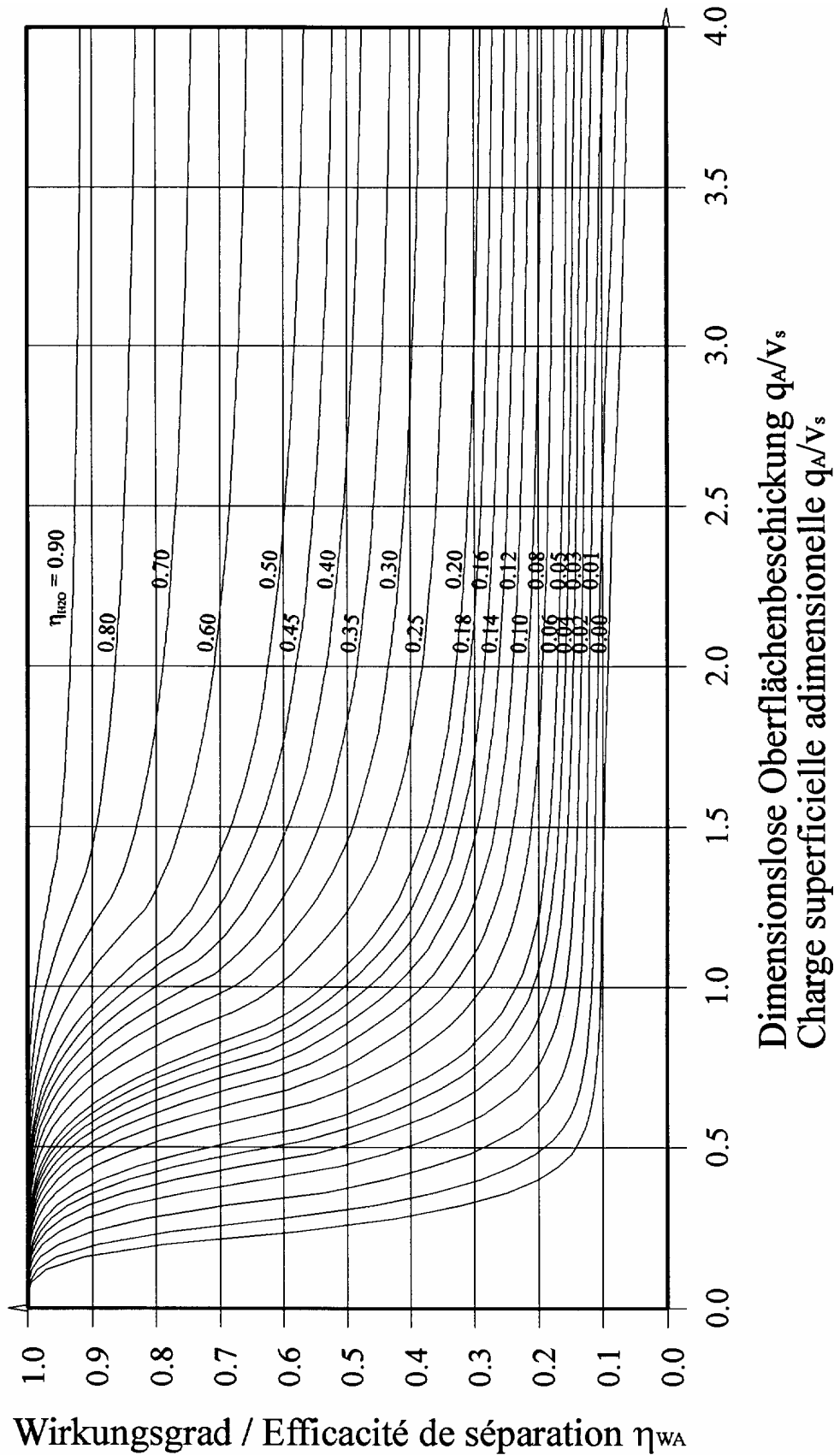
Dimensionslose Abscheidekennlinien aus Modellversuchen
 Hochgerechnet auf die Großausführung nach Original-Meßdaten
 Courbes adimensionnelles d'efficacité obtenues sur modèle réduit
 et transposées sur des installations à l'échelle 1 à partir de données in situ



Anlage 8: Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 2, stationärer Abscheidewirkungsgrad
 Annexe 8: *FluidSep* type 2. Efficacité de séparation en régime permanent

Wirbelabscheider / Séparateur à effet vortex *FluidSep* 2

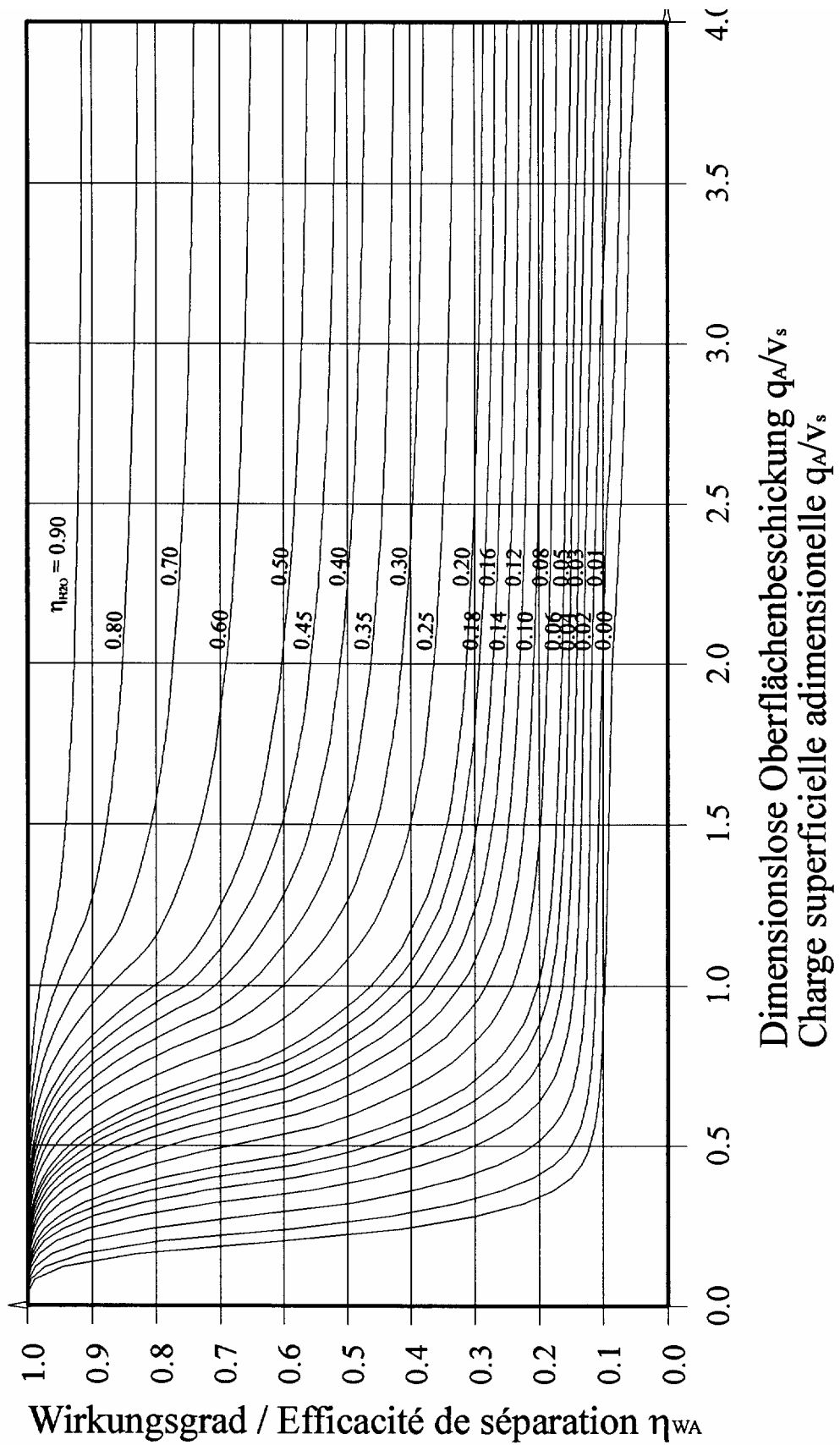
Dimensionslose Abscheidelinien aus Modellversuchen
 Hochgerechnet auf die Grobausführung nach Original-Meßdaten
 Courbes adimensionnelles d'efficacité obtenues sur modèle réduit
 et transposées sur des installations à l'échelle 1 à partir de données in situ



Anlage 9: Wirbelabscheider *FluidSep* Typ 3, stationärer Abscheidewirkungsgrad
 Annexe 9: *FluidSep* type 3. Efficacité de séparation en régime permanent

Wirbelabscheider / Séparateur à effet vortex *FluidSep* 3

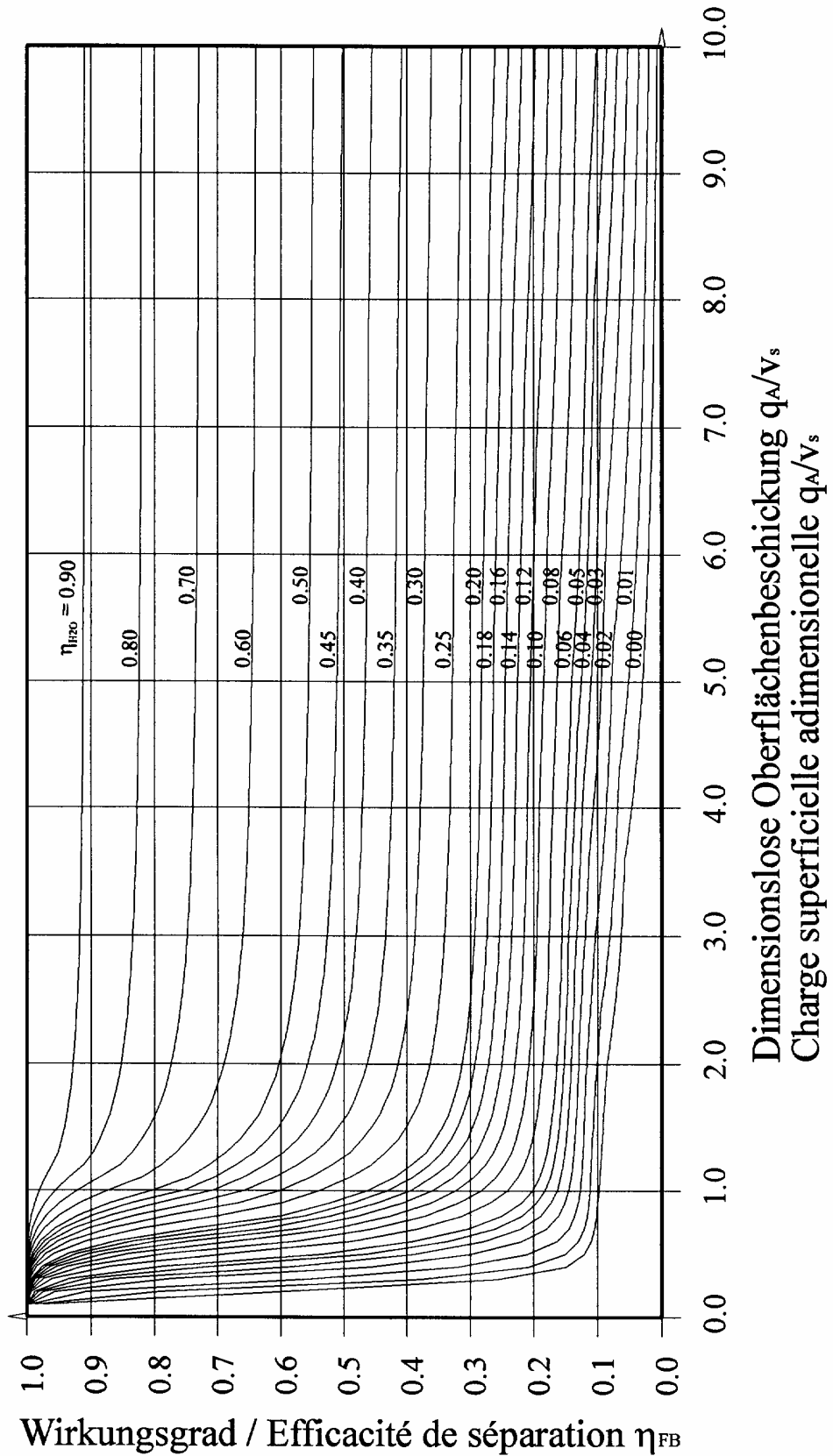
Dimensionslose Abscheidelinien aus Modellversuchen
 Hochgerechnet auf die Grobausführung nach Original-Meßdaten
 Courbes adimensionnelles d'efficacité obtenues sur modèle réduit
 et transposées sur des installations à l'échelle 1 à partir de données in situ



Anlage 10: Beckenüberlauf eines Fangbeckens, stationärer Abscheidewirkungsgrad
Annexe 10: Déversoir du bassin piège: Efficacité de séparation en régime permanent

Beckenüberlauf eines Fangbeckens
Surverse amont d'un bassin piège

Dimensionslose Abscheidekennlinien
 Courbes adimensionnelles d'efficacité de séparation



Anlage 11: Beispielbemessung eines Fangbeckens nach ATV-Arbeitsblatt A 128
Annexe 11: Exemple de dimensionnement d'un bassin piège selon la règle ATV A 128

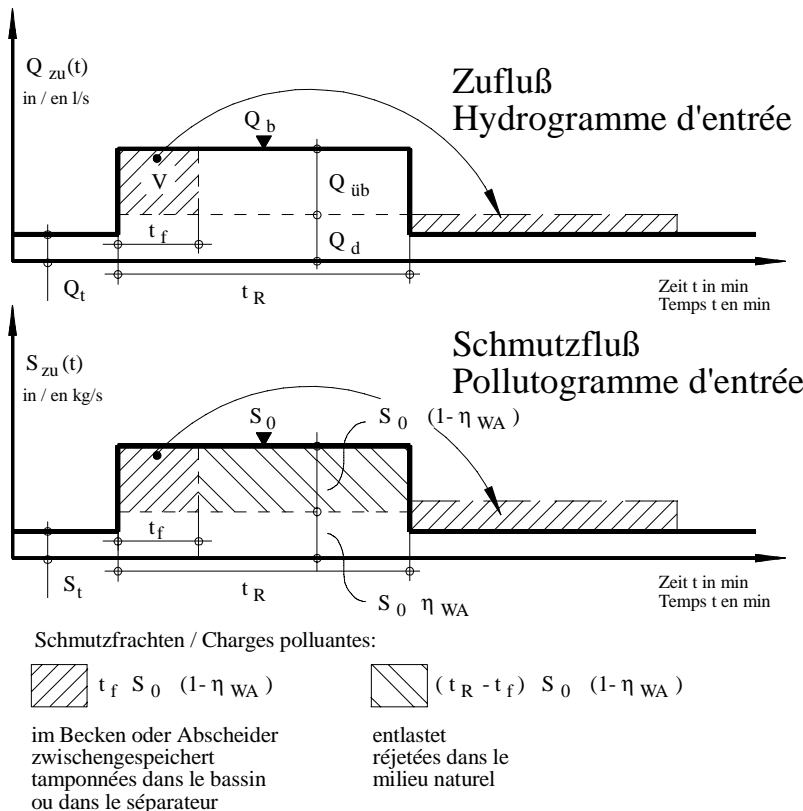
Speicherraumbemessung nach ATV A 128 Détermination du volume de stockage selon ATV A 128			
Projekt / Réseau: Bad Ausgedacht		G. Weiß 03-Dez-96	
Gebietskenngrößen für das untersuchte Kanalnetz Données concernant le bassin versant du réseau étudié			
Mittlere Jahresniederschlagshöhe Précipitation annuelle moyenne	h_{Na}	800	mm
Undurchlässige Fläche / Surface imperméable	A_u	10,0	ha
Gesamtfläche/Surface totale	A_{EK}	25,0	ha
Angeschlossene Einwohner Nombre d'habitants raccordés	EZ	750	E
Trinkwasserverbrauch/Consommation	w_s	130	l/(E·d)
Längste Fließzeit/Temps de parcours max.	t_f	10	min
Neigungsgruppe/Classe de pente	NG_m	2,00	-
Stundensatz/Période diurne	x	10	h
Fremdwasserspende Intensité spécifique d'eaux claires	$q_f = Q_{f24}/A_u$	0,10	l/(s·ha)
Berechnete Größen/Valeurs calculés			
Häuslicher Schmutzwasserabfluß (Tagesmittel) Débit moyen d'eaux usées domestiques	$Q_{h24} = EZ \cdot w_s / 86400$	1,13	l/s
Gewerblicher Schmutzwasserabfluß (Tagesmittel) Débit moyen d'eaux usées industrielles	$Q_{g24} + Q_{i24}$	0,00	l/s
Schmutzwasserabfluß (Tagesmittel) Débit moyen d'eaux usées	$Q_{s24} = Q_{h24} + Q_{g24} + Q_{i24}$	1,13	l/s
Regenabfluß aus Trenngebieten Débit pluvial de réseaux séparatifs	$Q_{rT24} = 100\% \text{ von } Q_{sT24}$	0,00	l/s
Fremdwasserabfluß / Débit d'eaux claires	$Q_{f24} = q_f \cdot A_u$	1,00	l/s
Trockenwetterabfluß im Tagesmittel Débit moyen de temps sec	$Q_{t24} = Q_{s24} + Q_{f24}$	2,13	l/s
Stündlicher Spitzenabfluß für Q_s Débit de pointe horaire d'eaux usées	$Q_{sx} = Q_{s24} \cdot 24/x$	2,71	l/s
stündlicher Spitzenabfluß für Q_t Débit de pointe horaire de temps sec	$Q_{tx} = Q_{sx} + Q_{f24}$	3,71	l/s
Trockenwetterkonzentration Concentration de temps sec en DCO	$c_t = 600 \cdot Q_{s24} / Q_{t24}$	318,11	mg/l
Regenabfluß / Débit pluvial (unitaire) vers STEP	$Q_{r24} = Q_m - Q_{t24} - Q_{rT24}$	7,87	l/s
Trockenwetterabflußspende Débit de temps sec spécifique	$q_{t24} = Q_{t24} / A_u$	0,213	l/(s·ha)
Regenabflußspende / Débit pluvial spécifique	$q_r = Q_{r24} / A_u$	0,787	l/(s·ha)
Fließzeitabminderung Correction du temps de séjour	$a_f = 0,5 + 50 / (t_f + 100)$ [$\geq 0,885$]	0,955	-
mittlerer Regenabfluß bei Entlastungen Débit pluvial moyen par déversement	$Q_{re} = a_f \cdot (3 A_u + 3,2 \cdot Q_{r24})$	52,68	l/s

Mischwasserabfluß zur Kläranlage Débit unitaire admis à la STEP	Q_m	10,00 l/s
erforderliches Mischverhältnis Rapport de dilution minimal	m	7,0 -
vorhandenes Mischverhältnis Rapport de dilution calculé	$m = (Q_{re} + Q_{rT24}) / Q_{t24}$	24,75 -
Auslastungswert der Kläranlage Taux de charge de la STEP	$n = (Q_m - Q_{f24}) / (Q_{ix} - Q_{f24})$	3,32 -
Einflußwert Trockenwetterkonzentration Coef. d'influence de la concentration de temps sec	$a_c = c_t / 600 \geq 1,0$	1,000 -
Einflußwert Jahresniederschlagshöhe Coef. d'influence de la pluviométrie annuelle	$a_h = h_{NA} / 800 \text{ mm} - 1$ $[\geq -0,25; \leq 0,25]$	0,000 -
Berechnungsformel 1 für Bilder 12/13 (A 128) Equation 1 pour les figures 12/13 (A 128)	$d_l = 0,001 \cdot (1 + 2 \cdot (NG_m - 1))$	0,003 -
Verhältnis Tagesmittel/Tagesspitze des Q_t Rapport moyenne / pointe journalière de Q_t	$x_a = 24 \cdot Q_{t24} / Q_{ix}$	13,78 -
Berechnungsformel 3 für Bilder 12/13 (A 128) Equation 3 pour les figures 12/13 (A 128)	$\tau = 430 \cdot q_{t24}^{0,45} \cdot d_l$	0,64 -
Zuschlag Kanalablagern Majoration pour dépôts en réseau	$a_a = (24/x_a)^2 \cdot (2 - \tau) / 10$ $[\geq 0]$	0,41 -
Bemessungskonzentration Concentration de dimensionnement	$c_b = 600 \cdot (a_c + a_h + a_a)$	847,1 mg/l
Rechnerische Entlastungskonzentration Concentration théorique de l'eau déversée	$c_e = (107 \cdot m + c_b) / (m + 1)$	135,7 mg/l
Regenabflußspende für Mindestvolumen Débit pluvial spécifique pour volume minimal	$q_{r,min} = ((48/x_a - 1) \cdot Q_{t24} - Q_{rT24}) / A_U$	0,529 l/(s·ha)
Regelanforderungen nach A 128 Anhang 3 Contraintes réglementaires selon A 128, annexe 3		
Zulässige Entlastungsrate Taux de déversement admis	$e_o = 3700 / (c_e - 70)$	56,28 %
Berechnungsformeln für V_s / Valeur intermédiaire	$H1 = (4000 + 25 \cdot q_r) / (0,551 + q_r)$	3003,9 -
Berechnungsformeln für V_s / Valeur intermédiaire	$H2 = (36,8 + 13,5 \cdot q_r) / (0,5 + q_r)$	36,85 -
Spezifisches Speichervolumen Volume de stockage spécifique	$V_s = H1 / (e_o + 6) - H2$	11,39 m ³ /ha
Mindestspeichervolumen Volume de stockage spécifique minimal	$V_{s,min} = 3,6 + 3,84 \cdot q_{r,min}$	5,63 m ³ /ha
Gesamtvolumen Volume total pour bassin piège	$V = V_s \cdot A_u$	113,9 m³

Anlage 12: Herleitung von Gleichung (2)
Annexe 12: Démonstration de l'équation (2)

Die Gleichung (2) ist ein Vergleich der entlasteten Schmutzfrachten zwischen einer konventionellen Lösung mit einem Fangbecken und alternativ einer Wirbelabscheider-Lösung für dasselbe fiktive Einzugsgebiet. Der Zufluß zum Becken oder Wirbelabscheider erfolge für beide Fälle gleich in Form einer idealisierten rechteckförmigen Zuflußganglinie mit dem Bemessungsabfluß Q_b , der während der Zeitdauer des "mittleren" jährlichen Regenereignisses t_R herrscht. Der Drosselabfluß Q_d - ebenfalls für Wirbelabscheider und Fangbecken gleich - wird während des Ereignisses zur Kläranlage weitergeleitet; der erste Teil des Abflußvolumens füllt das jeweilige Volumen V des Abscheiders bzw. Beckens auf, während das Wasser, das nach der Füllzeit t_f ankommt, entlastet wird (im Bild oben). Die Füllzeit ist für Abscheider und Becken wegen des unterschiedlichen Volumens verschieden. Für die Aufteilung der Wassermengen gilt $\eta_{H_2O} = Q_d/Q_b$. Dieser Wert ist wiederum für beide untersuchte Fälle gleich.

L'équation (2) décrit la comparaison entre les charges polluantes rejetées par un bassin piège conventionnel d'une part et par un séparateur à effet vortex d'autre part, pour un bassin versant fictif. Le débit d'alimentation de l'ouvrage est représenté de manière idéale par un hydrogramme rectangulaire de débit moyen Q_b sur une durée t_R correspondant à celle de l'événement annuel moyen. Le débit de fuite Q_d , identique dans les deux cas de figure, est extrait pendant l'événement pluvieux et dirigé vers la station d'épuration. Le premier flot remplit le volume V de l'ouvrage tandis que les débits qui arrivent après la durée de remplissage t_f sont rejetés au milieu récepteur. La durée de remplissage est différente pour le séparateur et pour le bassin piège du fait d'une différence de capacité volumique. La répartition des débits est caractérisée par le coefficient $\eta_{H_2O} = Q_d/Q_b$. Cette valeur est la même dans les deux cas considérés.



Schematische Zufluß- und Schmutzflußganglinien, gültig sowohl für den Wirbelabscheider wie für das Fangbecken im hier besprochenen Vergleich. Der Abscheidewirkungsgrad η_{WA} heißt beim Fangbecken $\eta_{BÜ}$ (Beckenüberlauf); die Füllzeit t_f und das Volumen V sind in beiden Fällen unterschiedlich und müssen mit WA bzw. FB indiziert werden.

Hydrogramme et pollutogramme d'entrée schématique, valables pour le séparateur et pour le bassin piège, dans le cadre de la présente comparaison. l'efficacité de séparation du bassin piège η_{WA} est remplacée par η_{FB} dans le cas du bassin transit (déversoir amont); la durée de remplissage t_f et le volume V sont différents pour les deux cas et doivent être indicés WA et FB.

Gleichzeitig kommt ein Schmutzfluß S_0 in kg/s an, der ebenfalls für Abscheider und Becken gleich sei. Er wird während des Regenereignisses als konstant angesetzt und teilt sich zwischen Drosselablauf und Überlauf auf, und zwar wird der Anteil $S_0 \cdot \eta_{WA}$ bzw. $S_0 \cdot \eta_{BÜ}$ zur Kläranlage weitergeleitet (beim

Parallèlement arrive un flux polluant S_0 en kg/s, identique dans les deux cas. (Il est supposé constant durant l'événement pluvieux et se répartit entre le débit de fuite et le déversement. Le débit de fuite s'écrit $S_0 \cdot \eta_{WA}$ resp. $S_0 \cdot \eta_{FB}$ (le déversoir d'orage du bassin piège ayant également une certaine efficacité).

Fangbecken hat der Beckenüberlauf eine gewisse Abscheidewirkung). Die entlastete Schmutzfracht beziffert sich dann beim Wirbelabscheider zu

$$SF_{\text{üB,WA}} = (t_R - t_{f,WA}) \cdot S_0 \cdot (1 - \eta_{WA}) \quad (\text{i})$$

und beim Fangbecken zu

$$SF_{\text{üB,FB}} = (t_R - t_{f,FB}) \cdot S_0 \cdot (1 - \eta_{BÜ}). \quad (\text{ii})$$

Für Wirbelabscheider und Becken werden gleiche Entlastungsfrachten gefordert; es werden also beide Terme gleichgesetzt. Q_b , Q_d , t_R und S_0 sind wie erwähnt in beiden Fällen gleich, V (Indizes FB und WA) und t_f jedoch unterschiedlich. Dabei fällt die Unbekannte S_0 heraus, und wir erhalten nach Umstellen

$$\frac{t_R - t_{f,WA}}{t_R - t_{f,FB}} = \frac{1 - \eta_{BÜ}}{1 - \eta_{WA}} \quad (\text{iii})$$

Die Füllzeiten $t_{f,WA}$ und $t_{f,FB}$ - in dieser Zeit wird das jeweilige Volumen V gefüllt - berechnen sich jeweils zu $t_f = V / (Q_b - Q_d)$. Wir erhalten dann die Gleichung

$$\frac{t_R \cdot (Q_b - Q_d) - V_{WA}}{t_R \cdot (Q_b - Q_d) - V_{FB}} = \frac{1 - \eta_{BÜ}}{1 - \eta_{WA}} \quad (\text{iv})$$

Die linke Seite der Gleichung mit der Unbekannten t_R kann nun ersetzt werden durch das Verhältnis der Jahresentlastungsraten e_0 nach A 128, die als entlasteter Anteil des jährlichen Niederschlagsdargebotes definiert sind. Mit den hier vorgenommenen Vereinfachungen erhält man für Wirbelabscheider und Fangbecken

$$e_0 = \frac{t_R \cdot (Q_b - Q_d) - V}{t_R \cdot (Q_b - Q_t)} \quad (\text{v})$$

und damit

$$\frac{e_{0,WA}}{e_{0,FB}} = \frac{1 - \eta_{BÜ}}{1 - \eta_{WA}} \quad (\text{vi})$$

Die Abhängigkeit der Entlastungsrate vom Beckenvolumen und dem Drosselabfluß ist in A 128 vorweggenommen und kann daher hier eingearbeitet werden, (vi) ist also die Grundform der Bemessungsgleichung (2) und gibt die gegenseitige Kompensation einer größeren Entlastungsrate beim Wirbelabscheider infolge kleineren Volumens durch einen besseren Abscheidewirkungsgrad an. Es müssen jedoch noch zwei weitere Effekte berücksichtigt werden:

- Der Anteil $(1-\alpha)$ des nicht an absetzbare Stoffe gebundenen CSB wird berücksichtigt, indem dieser Anteil der ankommenden Schmutzfracht

La charge polluante s'écrit alors dans le cas du séparateur,

et du bassin piège:

Les mêmes objectifs concernant les charges polluantes maximales déversées sont applicables au bassin piège comme au séparateur. Il faut donc évaluer les deux termes. Q_b , Q_d , t_R et S_0 sont égaux dans les deux cas, tandis que V (indice WA et FB) et t_f sont différents. On peut alors simplifier par l'inconnue S_0 et en déduire l'équation suivante:

Les temps de remplissage $t_{f,WA}$ et $t_{f,FB}$ du volume V s'écrivent $t_f = V / (Q_b - Q_d)$. On obtient alors l'équation:

Le terme de gauche de l'équation avec l'inconnue t_R peut alors être remplacé par le rapport des taux de déversement annuels e_0 conformément à ATV A 128, ces derniers étant définis comme étant la proportion d'effluent déversé pendant l'année. Avec les simplifications décrites, on obtient les équations suivantes pour le séparateur et le bassin piège:

La dépendance du taux de déversement vis à vis du volume et du débit de fuite a été anticipée dans la règle A 128 et peut être intégrée ici. L'équation (vi) est la forme de base de l'équation de dimensionnement (2) et donne la compensation, pour un séparateur, d'un volume plus faible par une efficacité de séparation renforcée. Il faut néanmoins encore tenir compte de deux autres effets:

- La partie $(1-\alpha)$ de la DCO qui n'est pas fixée aux matières décantables est prise en compte par le fait que cette partie de la charge polluante S_0 arrivant

S_0 sich mit dem Wasser mitbewegt; dies gilt sowohl für Fangbecken wie für Wirbelabscheider. Nur der Anteil $\alpha \cdot S_0$ wird also mit dem Abscheidewirkungsgrad η_{WA} bzw. $\eta_{BÜ}$ behandelt.

- Schließlich wird beim Fangbecken noch ein Spülstoßeffekt berücksichtigt. Das geschieht pauschal mit dem Parameter β , der mehrere Einflüsse zusammen berücksichtigt, insbesondere die jeweiligen Schmutzanteile, die in Fangbecken und Wirbelabscheider nach Regenende noch gespeichert sind und nicht in den Vorfluter gelangen. $\beta = 0$ bedeutet, daß kein Spülstoß auftritt und die Schmutzkonzentration zu Beginn des Ereignisses nicht erhöht ist. Bei starker Spülstoßwirkung (nicht vorentlastetes, aber sehr flaches Einzugsgebiet mit Ablagerungen in den Kanälen) ist $\beta = 0,5$ zu wählen, sonst $\beta = 0,3$.. 0,4.

sur l'ouvrage se déplace avec l'effluent; ceci est valable pour le bassin piège et pour le séparateur à effet vortex. La partie $\alpha \cdot S_0$ sera seule traitée avec l'efficacité η_{WA} ou η_{FB} .

- Enfin, on prend en compte l'effet du premier flot de rinçage pour le bassin piège. Ceci est résumé de manière globale par le coefficient β , qui synthétise plusieurs effets, en particulier le fait que la pollution qui reste dans les ouvrages en fin d'événement pluvieux se vidange à la station d'épuration et n'est pas rejetée au milieu récepteur. $\beta = 0$ signifie l'absence de premier flot de rinçage et la constance de la concentration polluante durant l'événement. Pour des rinçages prononcés, (réseaux n'ayant pas de déversoirs primaires en amont, réseaux de faible pente avec des dépôts importants en canalisation), on peut prendre $\beta = 0,5$, dans tous les autres cas, on retiendra $\beta = 0,3$ à 0,4.

Die Gleichungen (i) und (ii) gehen dann über in:

$$SF_{\text{üB,WA}} = (t_R - t_{f,WA}) \cdot [\alpha \cdot S_0 \cdot (1 - \eta_{WA}) + (1 - \alpha) \cdot S_0 \cdot (1 - \eta_{H_2O})] \quad (\text{vii})$$

$$SF_{\text{üB,FB}} = (1 - \beta) \cdot (t_R - t_{f,FB}) \cdot [\alpha \cdot S_0 \cdot (1 - \eta_{BÜ}) + (1 - \alpha) \cdot S_0 \cdot (1 - \eta_{H_2O})] \quad (\text{viii})$$

und wir erhalten unter Nachvollziehung der Schritte von (i) und (ii) nach (vi) und einigen Umstellungen schließlich Gl. (2):

Les équations (i) et (ii) deviennent alors:

et l'on obtient finalement à partir de (i) et (ii) après quelques transformations, l'équation (2):

$$\frac{e_{o, WA}}{e_{o, FB}} = (1 - \beta) \cdot \frac{1 - \eta_{H_2O} - \alpha \cdot (\eta_{BÜ,b} - \eta_{H_2O})}{1 - \eta_{H_2O} - \alpha \cdot (\eta_{WA,b} - \eta_{H_2O})} \quad (2)$$

Literatur/Bibliographie

- A 111 (1994): Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen. Arbeitsblatt A 111 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.
- A 118 (1983): Richtlinien für die hydraulische Bemessung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen. Arbeitsblatt A 118 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik
- A 128 (1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. Arbeitsblatt A 128 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.
- A 128 (1992): *Directives pour le Dimensionnement et la Conception des Evacuateurs d'Orage dans les Systèmes Unitaires. ATV Standard A 128. Règles techniques publiées par Abwassertechnische Vereinigung e. V. (Association Allemande pour l'Assainissement). Distribution: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, Hennef.*
- ATV (1980): Behandlung des Regenabflusses beim Trennverfahren. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.3.2 Regenbecken, Regenüberläufe. Korrespondenz Abwasser, 1/1980
- ATV (1994): Umgang mit Regenwasser - derzeitiger Stand der Regenwasserbehandlung im Trennsystem. 1. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.4.3 "Regenwasserbehandlung". Korrespondenz Abwasser, 2/1994, S. 304 - 310
- BAUER, Th. (1993): Une alternative au traitement classique des eaux pluviales: la séparation par effet vortex. L'eau, l'industrie, les nuisances N° 167, Octobre 1993, pp. 52-55
- BAUMGARTNER, C. (1990): Qualitative Untersuchungen zur Regenwasserbehandlung durch einen Wirbelabscheider. Diplomarbeit, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (unveröffentlicht).
- BROMBACH, H. (1987): Modellversuche und Modellansätze zur Fest-Flüssigabtrennung an Regenüberläufen. gwf Wasser-Abwasser, Heft 11, S. 576-582
- BROMBACH, H. (1991): Wirbelabscheider als Alternative zur Mischwasserspeicherung. Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Institut für Wasserwirtschaft, Universität Hannover, Heft 4, S. 269-289
- BROMBACH, H. (1993): Der zukünftige Weg der Regenwasserbehandlung? 68. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium "Kanalisation und Regenwasserbehandlung", 21. Sept. 1993. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 123, S. 7 - 30. Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V. in Stuttgart. München: Oldenbourg
- BROMBACH, H., MICHELBACH, St., WÖHRLE, Ch. (1992): Sedimentations- und Remobilisationsvorgänge im Abwasserkanal. Teilprojekt 3 des universitären Verbundprojektes "Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen" im Auftrag des BMFT. Projektleitung: Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe. Schlußbericht Phase 1, Bad Mergentheim 1992
- BROMBACH, H., KLEINSCHROT, J. (1992): Abschlußbericht über die wissenschaftliche Begleitung der Wirbelabscheideranlage in Tengen. Phase 1: Betriebliche und hydraulische Leistungsfähigkeit. Phase 2: Qualitativer Wirkungsgrad. Auftraggeber: Land Baden-Württemberg. Bad Mergentheim: Umwelt- und Fluid-Technik GmbH (unveröffentlicht)
- BROMBACH, H., PISANO, W., WOLF, D.R. (1995): Regenwasserbehandlung in den USA. Eine vergleichende Betrachtung. WAP 2/95, S. 39 - 44
- BROMBACH, H., XANTHOPOULOS, K., HAHN, H., PISANO, W.: (1993): Experience with vortex separators for combined sewer overflow control. Water Science and Technology, Vol. 27, No. 5-6, pp. 93-104
- CHEBBO, G., BACHOC, A. (1992): Characterization of suspended solids in urban wet weather discharges. Water Science and Technology, Vol. 25, No. 8, pp. 171-179
- CHROMY, CH. (1990): Regenüberlaufbecken Niederhofen. Diplomarbeit, Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Bauingenieurwesen, 1990 (unveröffentlicht)

- DECATUR (1995): Decatur Lincoln Park Combined Sewer Overflow Treatment Facility: Operational Study. Sanitary District of Decatur. Bainbridge, Gee, Milanski & Assoc. Inc. and Crawford, Murphy & Tilly, Inc. joint venture, September 1995 (unveröffentlicht)
- DECK, F. (1993): Une alternative au traitement pluvial classique: Le séparateur à effet vortex. Appréciation du comportement du séparateur du WiKiRu. Acquisition de données concernant la pollution pluviale. Mémoire de troisième année, Strasbourg, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement (ENGEES) (unveröffentlicht)
- DESPRETZ, O. (1994): Une alternative au traitement pluvial classique: Le séparateur à effet vortex. Mémoire de troisième année, Strasbourg, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement (ENGEES) (unveröffentlicht)
- DEUTSCHES PATENTAMT (1991): Wirbelabscheider. Patentschrift DE 36 34 122 C 2. vom 02.05.1991
- DIN EN 752 (1993): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Teil 2: Anforderungen. Europäische Norm. Berlin: Beuth
- GABL (1983): Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten über Anordnung und Bemessung von Regenentlastungs- und Regenwasserbehandlungsanlagen. Gemeinsames Amtsblatt...des Landes Baden-Württemberg, Nr. 8, 28.02.1983, S. 289 - 320
- GABL (1985): Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten über Anordnung, Bemessung, Gestaltung und Betrieb von Behandlungsanlagen für Straßenoberflächenwasser. Gemeinsames Amtsblatt...des Landes Baden-Württemberg, Nr. 37, 22.09.1985, S. 1059 - 1063.
- GEIGER, W.F., HÜBNER, M. (1995): Untersuchungen zum dynamischen Abscheideverhalten eines Hydrozyklons zur weitergehenden Mischwasserbehandlung. Schlußbericht zum Forschungsprojekt. Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Universität-GH Essen (unveröffentlicht)
- HAHN, H., XANTHOPOULOS, C. (1992): Wirkungsgrad der Wirbelabscheideranlage Tengen. Forschungsbericht im Auftrag der Firma Umwelt- und Fluid-Technik GmbH. Universität Karlsruhe, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (unveröffentlicht). Diese Arbeit wurde mit dem Ernst-Kuntze-Preis der ATV ausgezeichnet.
- KLEINSCHROT, J. (1989): Experimentelle Bestimmung des Abscheidewirkungsgrades einer Modellfamilie von Wirbelabscheidern. Abschlußbericht. Internes Forschungsprojekt der Firma Umwelt- und Fluid-Technik, Bad Mergentheim (unveröffentlicht).
- KRAUTH, K. (1979): Der Regenabfluß und seine Behandlung beim Mischverfahren. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 66. Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft e.V. in Stuttgart. München: Oldenbourg
- PECHER, R. (1988): Sind Regenüberläufe so schlecht wie ihr Ruf? Korrespondenz Abwasser, Heft 7, S. 660-667
- UFT (1997): Entwicklung eines Bemessungsverfahrens für Wirbelabscheideranlagen. Interner Forschungsbericht der Firma Umwelt- und Fluid-Technik, Bad Mergentheim (in Vorbereitung, unveröffentlicht)
- XANTHOPOULOS, C., HAHN, H. (1994): Wirbelabscheideranlage Tengen - Weitergehende Auswertung der Meßdaten der Meßphase II. Forschungsbericht im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Universität Karlsruhe, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (unveröffentlicht)



LANDESANSTALT FÜR
UMWELTSCHUTZ
BADEN-WÜRTTEMBERG