



## Teil 1

# Mechanische Abwasserreinigung

# Gliederung

- 2. Mechanische Abwasserreinigung**
- 2.1 Rechen und Siebe**
- 2.2 Sandfänge**
- 2.3 Absetzbecken**
  - 2.3.1 Vorklärung**
  - 2.3.2 Nachklärung**

# Gliederung

- 2. Mechanische Abwasserreinigung**
- 2.1 Rechen und Siebe**
- 2.2 Sandfänge**
- 2.3 Absetzbecken**
  - 2.3.1 Vorklärung**
  - 2.3.2 Nachklärung**

## Mechanische Abwasserreinigung

Verfahren/ Anlagen	Abschei- dungsgut	Anwendungs- gebiet	Bemerkung
Rechen	grobe partikuläre Stoffe	Klärung des Zulaufwassers	Standard bei kommunalen Kläranlagen
Siebe	feine partikuläre Stoffe	Klärung des Zulauf- und eventuell des Ablaufwassers	Einsatz bei hohen Anforderungen, wartungsintensiv
Absetzver- fahren/ Sedimen- tation	partikuläre Stoffe mit einer Dichte > 1; (Sand)	Vor- und Nachklärung	Standard bei kommunalen Kläranlagen

## Mechanische Abwasserreinigung

– Fortsetzung

Verfahren/ Anlagen	Abschei- dungsgut	Anwendungs- gebiet	Bemerkung
Leichtstoff- abscheidung	Stoffe mit einer Dichte < 1; (Fette oder Öle)	Gewerbliche Grundstücksentwäs- serung; Klärung des kommunalem Kläranlagenzulaufs	Bei kommunalen Kläranlagen meist in Kombination mit Sandfang
Flotation	suspendierte Stoffe	Industrielle Abwasserreinigung	Abtrennung von Emulsionen
Adsorption	gelöste Stoffe	Industrielle Abwasserreinigung	Abtrennung von Emulsionen, pH- neutral

## Mechanische Abwasserreinigung

- Die mechanische Abwasserreinigung dient der Entfernung von festen Schweb- und Schwimmstoffen.
- Man unterscheidet drei Verfahren:
  - Trennen nach Teilchengröße (durch Filtration und Siebung)
  - Ausnutzung der Trägheits- und Schwerkraft (durch Sedimentation und Zentrifukation)
  - Ausnutzung der Auftriebskraft (durch Flotation)

## Gliederung

- 2. Mechanische Abwasserreinigung
  - 2.1 Rechen und Siebe
  - 2.2 Sandfänge
  - 2.3 Absetzbecken
    - 2.3.1 Vorklärung
    - 2.3.2 Nachklärung

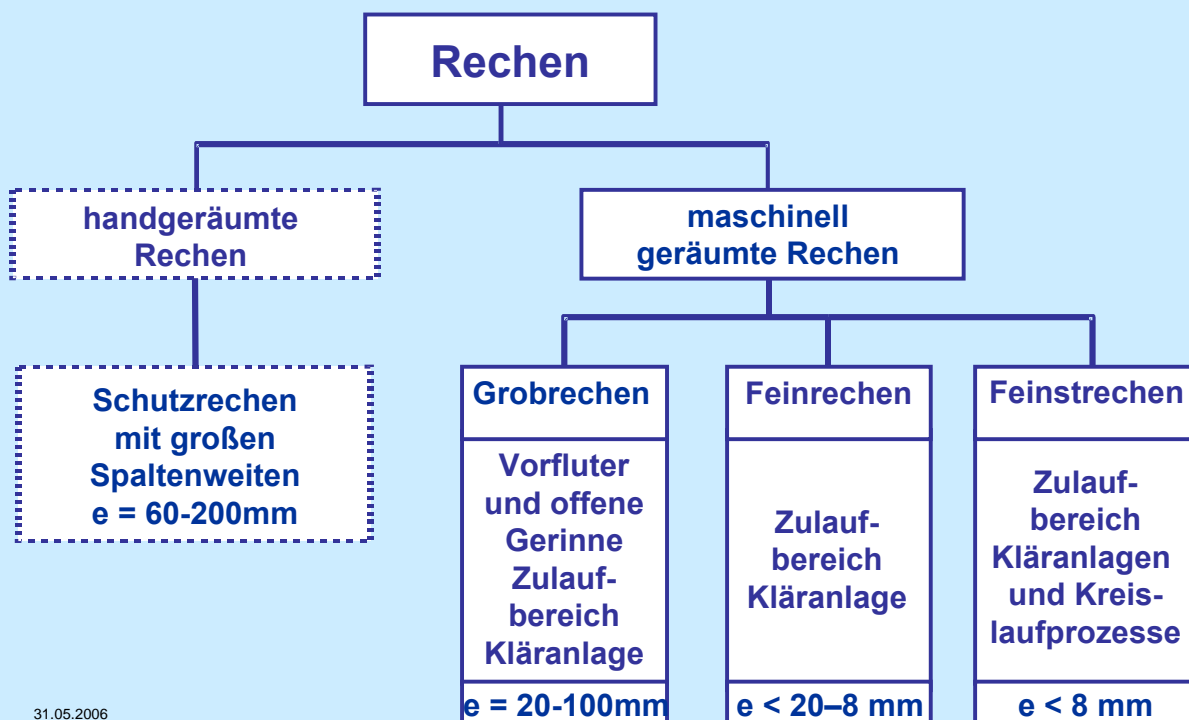
## Rechen



31.05.2006

Folie 9

## Rechen



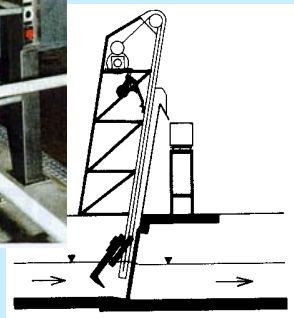
31.05.2006

Folie 10

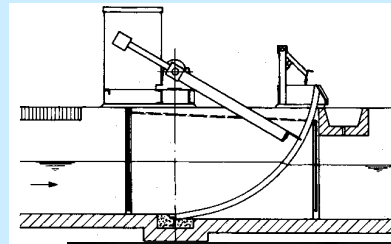
## Rechen



**Greif- bzw.  
Umlaufrechen  
(DIN 19554 T.1)**



31.05.2006



**Bogenrechen  
(DIN 19554 T.2)**



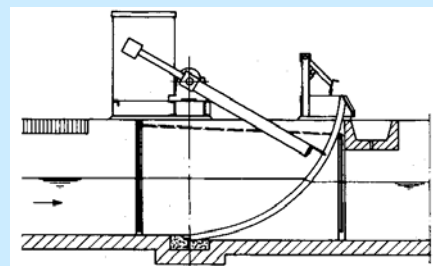
Folie 11

## Bauarten von Rechen

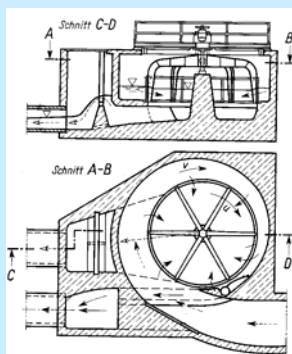
**Greif- bzw.  
Kammer  
rechen**



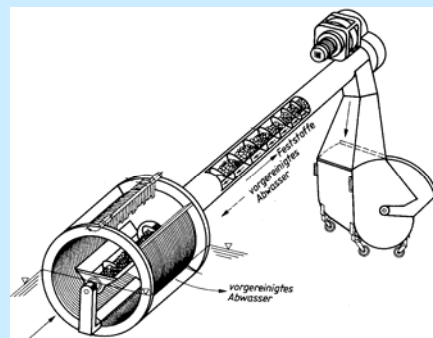
**Bogen-  
rechen**



**Zentrisieb  
(Fa. Passavant)**



**Sieb- bzw.  
Feinrechen  
(Fa. Huber)**



31.05.2006

Folie 12

## Rechengut



Holz  
Lumpen  
Papier  
Binden



Kondome  
Windeln  
Ohrenstäbchen

## Bemessung von Rechen

- Strömungswiderstand des unbelegten Rechens

$$h = \beta \cdot (s/b)^{4/3} \cdot v^2 / 2g \cdot \sin \delta$$

- h** = Stauverlust  
**s** = größte Stabdicke (m)  
entgegen der Strömung  
**b** = geringste lichte Stabweite (m)  
**v<sup>2</sup>/2g** = Geschwindigkeitshöhe (m)  
vor dem Rechen  
**δ** = Neigungswinkel des Rostes gegen die Horizontale  
**β** = Formfaktor des Rechenprofils

Formel gilt nur für unbelegte Rechen und dient nur zur  
überschlägigen Orientierung. Rechen ist meist belegt.

## Bemessung von Rechen

- freier Rechenquerschnitt erhält die gleiche Breite wie nicht aufgeweitetes Gerinne
- bei Grobrechen wird die Belegung mit dem Beiwert  $f = 0,75$  berücksichtigt
- Geschwindigkeit vor Rost  $\geq 0,5$  m/s zur Vermeidung von Sandablagerungen
- wenn Summe der Rechenspalten gleich der Gerinnebreite ist gilt

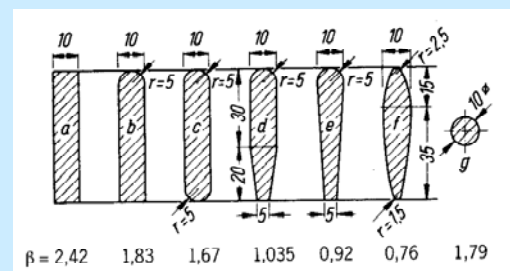
$$b = \left( b_g / e - 1 \right) \cdot (s + e) + e$$

$b$  = Kammerbreite (mm)

$b_g$  = Gerinnebreite (mm)

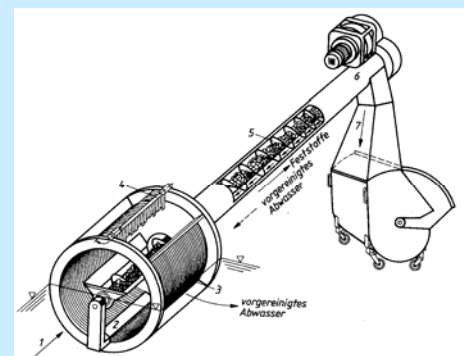
$e$  = Spaltweite (mm)

$s$  = Stabdicke (mm)

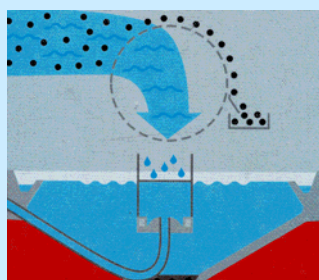


## Siebe

- Empfohlene Maschenweite maximal 3 mm
- Verminderung der absetzbaren Stoffe
- Schlamm wird homogener und weniger störanfällig
- Vermeidung von Schwimmdecken in Faulbehältern
- ggf. kann die Vorklärung verkleinert oder darauf verzichtet werden. Eine vorgeschaltete Denitrifikation oder eine biologische P-Eliminierung wird hierdurch unterstützt.



**Bauformen**  
Bogensiebe  
Muldensieb  
Trommelsieb  
Bandsieb



**Siebgut**  
Faserstoffe  
Haare  
fadenförmige Stoffe



## Betriebliche Aspekte beim Einsatz von Rechen und Sieben

- Ebenso wie Rechenanlagen sollten Siebanlagen witterungs- und emissionsbedingt eingehaust werden.
- Rechenanlagen mit Spaltweite  $e < 20$  mm sind mit Sicherheitsumläufe auszuführen. Diese dienen der Umleitung des Wassers bei Verstopfung der Rechen. Aus Gründen des Emissionsschutzes und für einen problemlosen Winterbetrieb werden Rechen häufig eingehaust.
- Siebanlagen sind relativ wartungsintensiv und sollten deshalb als redundante Systeme ausgeführt werden. Somit können einzelne Siebe gewartet werden, ohne den gesamten Betrieb nachrangig zu stören. Einstraßige Siebe benötigen einen Notumlauf.

## Förderschnecken



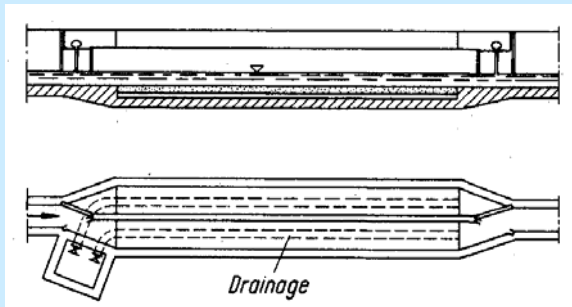
## Gliederung

- 2. Mechanische Abwasserreinigung
  - 2.1 Rechen und Siebe
  - 2.2 Sandfänge**
  - 2.3 Absetzbecken
    - 2.3.1 Vorklärung
    - 2.3.2 Nachklärung

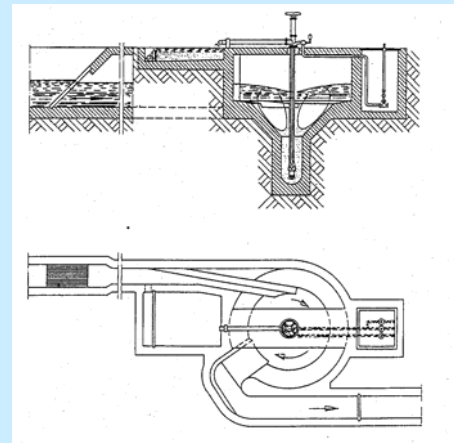
## Sandfang



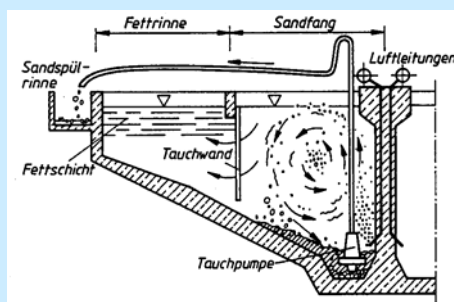
## Sandfangarten



**Langsandfang**



**Rundsandfang**



**Belüfteter Sandfang**

31.05.2006

Folie 21

## Typen von Sandfängen

**Langsandfang**

**belüfteter Sandfang (meist mit Fettfang)**

**Rundsandfang, (Tiefsandfang), Dorr-Sandfang**

## Bemessung

**Diagramm zur Oberflächenbeschickung (Langsandfang)**

**Kennwerte für Geometrie, Strömungsgeschwindigkeit  
und Lufteintrag**

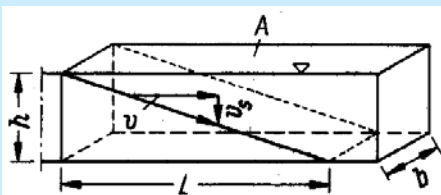
31.05.2006

Folie 22

## Aufgaben des Sandfangs

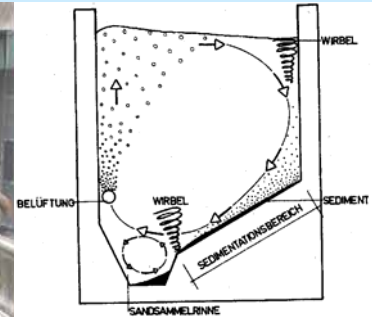
- Entnahme von Sand und anderen anorganischen Abwasserinhaltsstoffen
- Abtrennung der organischen Anteile
- Problem: Immer öfter Feinrechen, bei Spaltweiten < 10 mm lagert Sand sich bereits vor diesem ab
- Lösung: Sandfang zwischen Grob- und Feinrechen anordnen

## Essener Langsandfang Absetzvorgang bei laminarer Strömung



1.  $L = v \cdot t_v \left[ \frac{m \cdot s}{s} \right]$
2.  $h = v_s \cdot t_s \left[ \frac{m \cdot s}{s} \right]$
3. Sinkzeit  $t_s$  gleich Durchflußzeit  $t_v$   $t_v = t_s = \frac{L}{v} = \frac{h}{v_s} [s]$
4. Für rechteckige Absetzrinne:  $v = \frac{Q}{b \cdot h} [m/s]$
5. Oberfläche der Absetzrinne:  $A = L \cdot b [m^2]$
6. Aus 3-4 folgt:  $A = \frac{Q}{v_s} [m^2]$

## Belüfteter Sandfang meist kombiniert mit Fettfang



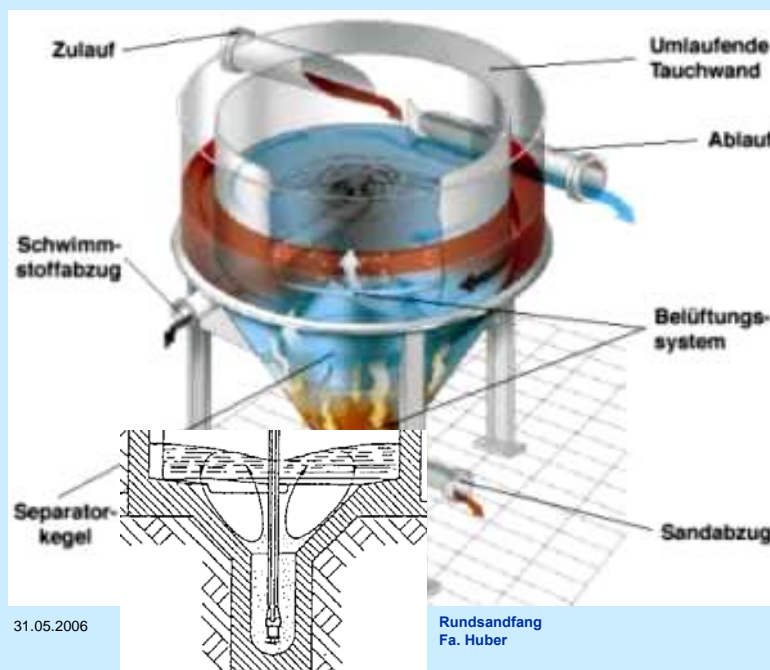
### Luft einblasung:

- ⇒ Umwälzung des Wassers (Schraubenströmung)
- ⇒ Auswaschung der organischen Stoffe vom Sand und Absetzung des Sandes in der Sammelrinne.
- ⇒ Flotieren von Fett, Öl und sonstigen Schwimmstoffen

31.05.2006

Folie 25

## Rundsandfang Rundbecken mit tangentialem Zulauf



- Tangentialer Einlauf**
- ⇒ Kreisströmung des Abwassers erfolgt Trombenströmung (Teetasseneffekt)
- ⇒ Auswaschung der organischen Stoffe vom Sand und Absetzung des Sandes im Separatorkegel.

31.05.2006

Rundsandfang  
Fa. Huber

Folie 26

## Die Entsandung des Abwassers beugt folgendem vor:

- Sandablagerungen im Belebungsbecken,
- Behinderung der Umwälzströmung im Flockungsbecken,
- erhöhter Verschleiß durch Abrasion von Rühr- und Paddelwerken,
- Schäden an Schlammräumanlagen,
- Verstopfungen an Schlammablagerungs- und -Transporteinrichtungen,
- allgemein erhöhter Materialverschleiß.

## Endsandung durch Sandklassierer



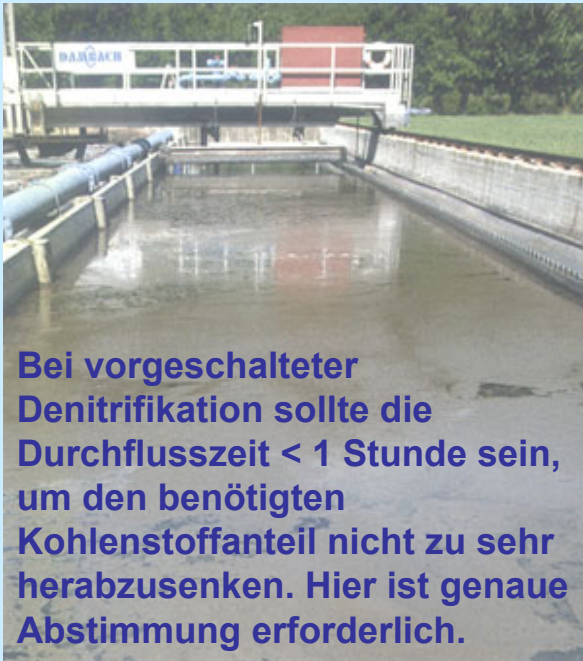
# Gliederung

- 2. Mechanische Abwasserreinigung**
- 2.1 Rechen und Siebe
- 2.2 Sandfänge
- 2.3 Absetzbecken**
- 2.3.1 Vorklärung
- 2.3.2 Nachklärung

# Vorklärbecken



## Vorklärbecken

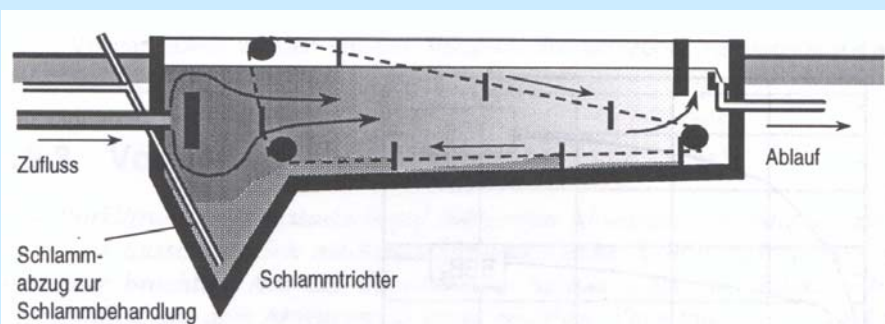


31.05.2006

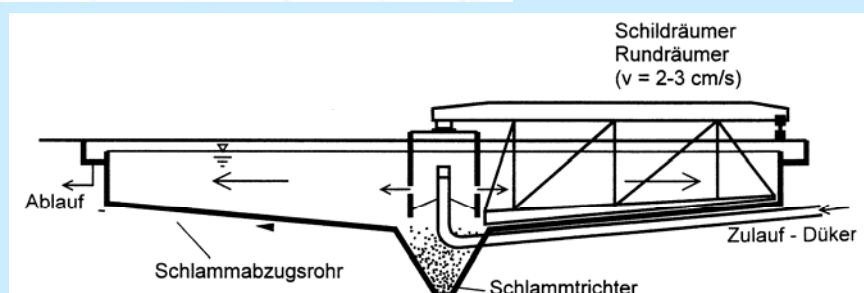
Reduzierung der organischen Feststofffracht im Abwassers durch Absetzwirkung.



## Schnitte und Räumertypen von Vorklärbecken



Rundbecken mit Schildräumer



31.05.2006

Folie 32



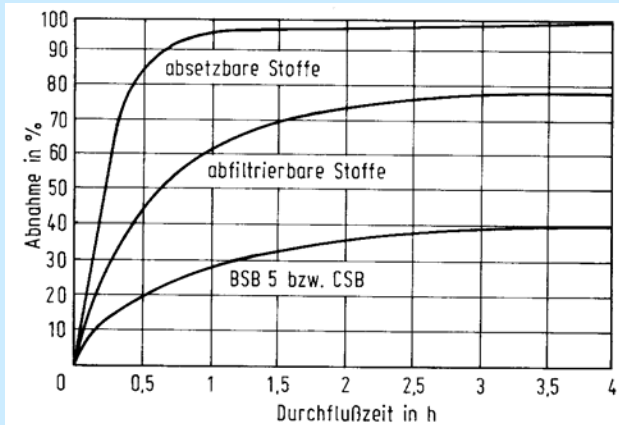
## Vorklärung

- **Meist werden Rechteckbecken gebaut**
- **Trend: eher Grobentschlammung um mehr Substrat für die Denitrifikation zu liefern -aber: größeres Belebungsvolumen, deutlich mehr Energieeinsatz für die Belüftung, weniger Gasertrag aus der Faulung**
- **also: spezielle örtliche Bedingungen prüfen, wenn hohes BSB / N**
- **Verhältnis, größere Vorklärung (im Extremfall ggf. chemische Vorfällung => Verschiebung auf Anaerobbehandlung)**

## Bemessung der Vorklärung

- **Bemessung sehr grob nach hydraulischer Aufenthaltszeit**
- **Bei 2-Stufigen Anlagen mit Höchstlastbelebung (AB Anlagen) keine Vorklärung (A-Sufe ist Bio-Flokkulation mit guter Eliminationsleistung)**
- **Übliche Bemessung versagt bei hohen oder geringen partikulären Anteilen des CSB oder BSB**

## Leistung von Vorklärbecken in Abhängigkeit von der Durchflusszeit und der Oberflächenbeschickung



Einsatz	Durchflusszeit [h]	Flächenbeschickung $q_A$ [ $m^3/m^2 \cdot h$ ]
nur mechanische Reinigung	1,7 – 2,5	0,8 – 1,5
vor chemischer Fällung	0,5 – 0,8	2,5 – 4,0
vor Tropfkörper	1,7 – 2,5	0,8 – 1,5
vor Belebungsanlagen	0,5 – 1,5	2,5 – 4,0

31.05.2006

Folie 35

## Bemessungsgrundsätze Vorklärbecken

**Bemessungsgrößen:**  
 $t_R$  rechnerische Durchflusszeit  
 $q_A$  Oberflächenbeschickung

**Beckenvolumen**

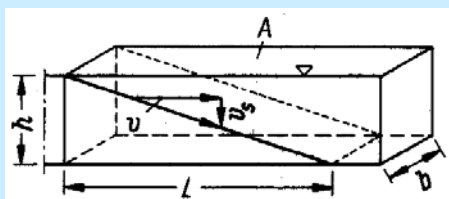
$$V = Q_t \cdot t_R \quad \text{in } m^3$$

**Beckenoberfläche**

$$A_{VK} = \frac{Q_t}{q_A} \quad \text{in } m^2$$

**Tiefe**

$$h = \frac{V_{VK}}{A_{VK}} \quad \text{in } m$$



$$1. L = v \cdot t_v \left[ \frac{m \cdot s}{s} \right]$$

$$2. h = v_s \cdot t_s \left[ \frac{m \cdot s}{s} \right]$$

$$3. \text{Sinkzeit } t_s \text{ gleich Durchflußzeit } t_v \quad t_v = t_s = \frac{L}{v} = \frac{h}{v_s} \quad [s]$$

$$4. \text{Für rechteckige Absetzrinne: } v = \frac{Q}{b \cdot h} \quad [m/s]$$

$$5. \text{Oberfläche der Absetzrinne: } A = L \cdot b \quad [m^2]$$

$$6. \text{Aus 3-4 folgt: } A = \frac{Q}{v_s} \quad [m^2]$$

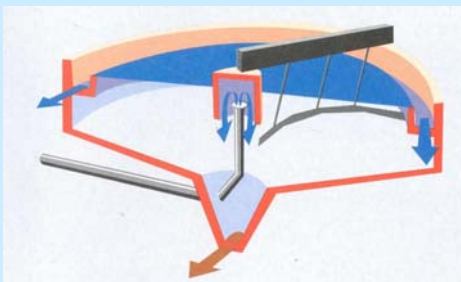
31.05.2006

Folie 36

# Gliederung

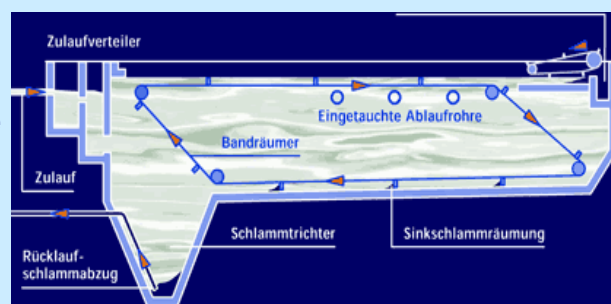
- 2. Mechanische Abwasserreinigung
  - 2.1 Rechen und Siebe
  - 2.2 Sandfänge
  - 2.3 **Absetzbecken**
    - 2.3.1 Vorklärung
    - 2.3.2 **Nachklärung**

# Formen von Nachklärbecken

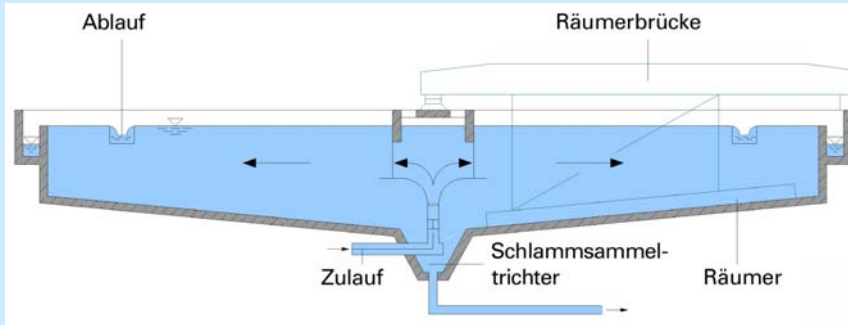


Runde  
Nachklärbecken

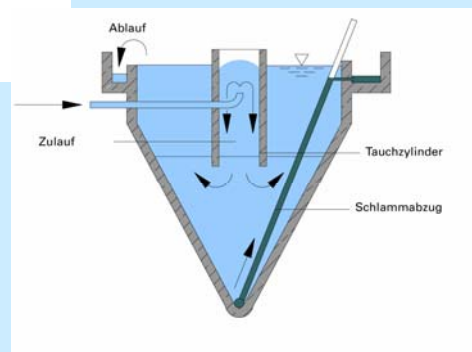
Rechteckige  
Nachklärbecken



# Nachklärbecken in Abhängigkeit der Durchströmung



**Horizontal  
durchströmte  
Rundbecken**



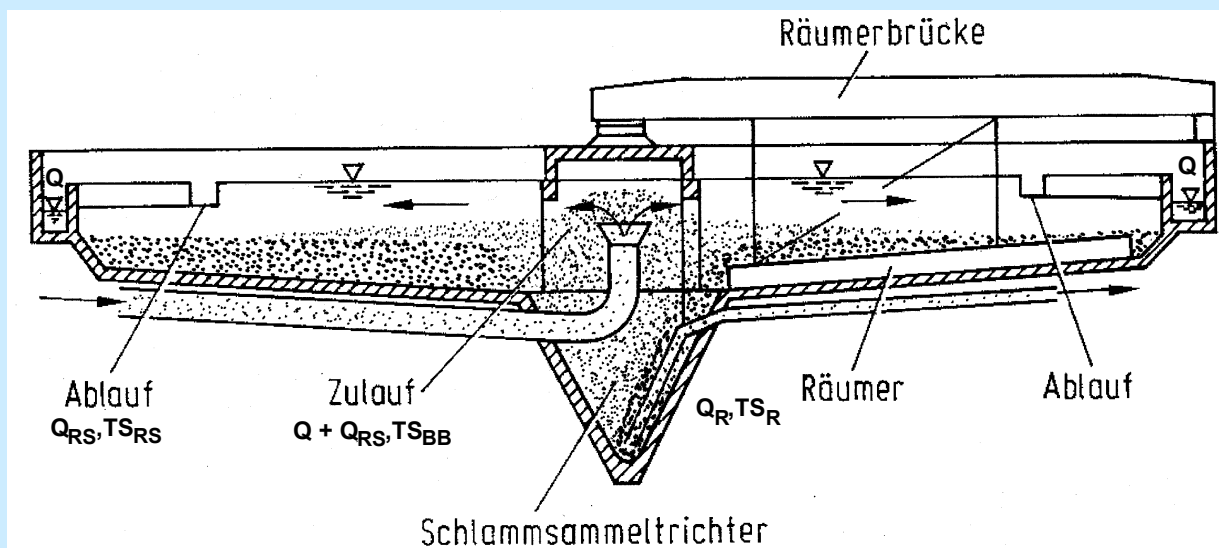
**Vertikal durchströmte  
Rundbecken**

Bilder: Prof. Londong, Weimar

31.05.2006

Folie 39

# Schlammverhältnisse in einem horizontal durchströmten Rundbecken



31.05.2006

Folie 40

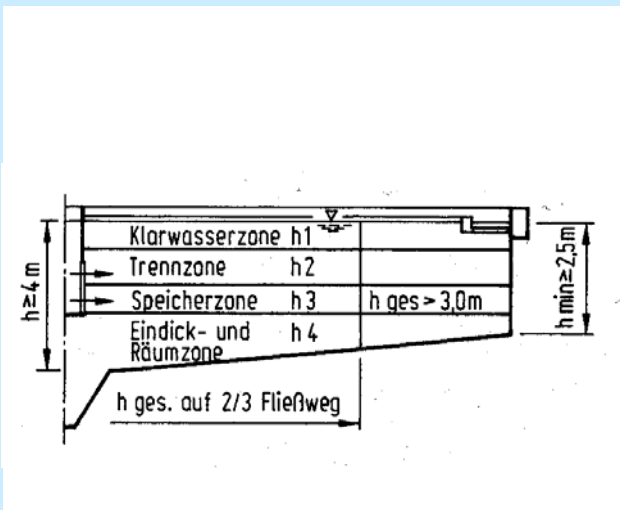
## Anforderungen an die Nachklärung

- Trennen des Schlammes durch Sedimentation
- Zwischenräume für erhöhte Aufschwemmung
- Eindicken des Schlammes ins Behälterinnere
- Vermeidung von Schlammabtrieb

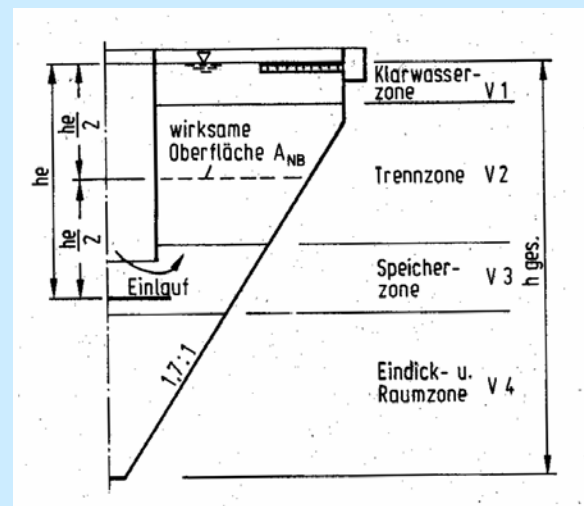


## Zonen und Tiefen von Nachklärbecken

### Horizontal durchströmtes Nachklärbecken



### Vertikal durchströmtes Nachklärbecken



## Konstruktive Auslegung der Nachklärung

Die maßgebende Größe für die konstruktive Gestaltung der Nachklärung ist die Oberflächenbeschickung  $q_A$ .

Zur Sicherung einer guten und ausreichenden Absetzwirkung im Nachklärbecken müssen in Abhängigkeit von der Auslegung des Nachklärbeckens bestimmte Grenzwerte eingehalten werden.

Zulässige Werte für den Übergangsbereich zwischen überwiegend horizontal und überwiegend vertikal durchströmten Nachklärung K gibt Tab. 11 ATV A 131 (2000)

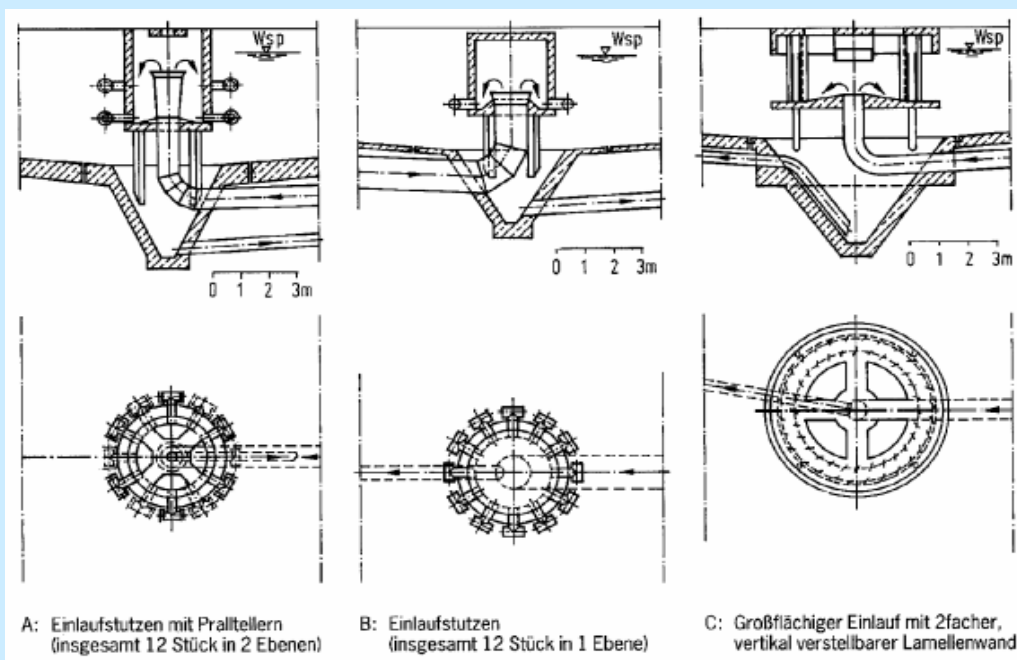
Verhältnis	$\geq 0,33$	$\geq 0,36$	$\geq 0,39$	$\geq 0,42$	$\geq 0,44$	$\geq 0,47$	$\geq 0,50$
* $q_{SV}$ (l/m <sup>2</sup> .h)	$\leq 500$	$\leq 525$	$\leq 550$	$\leq 575$	$\leq 600$	$\leq 625$	$\leq 650$
$q_A$ (m/h)	$\leq 1,60$	$\leq 1,65$	$\leq 1,75$	$\leq 1,80$	$\leq 1,85$	$\leq 1,90$	$\leq 2,00$
RV (-)	$\leq 0,75$	$\leq 0,80$	$\leq 0,85$	$\leq 0,90$	$\leq 0,90$	$\leq 0,95$	$\leq 1,00$

31.05.2006

ATV-DVWK-A 131 (2000)  
Vertikalkomponente zu Horizontalkomponente, z.B. 1: 2,5 = 0,4

Folie 43

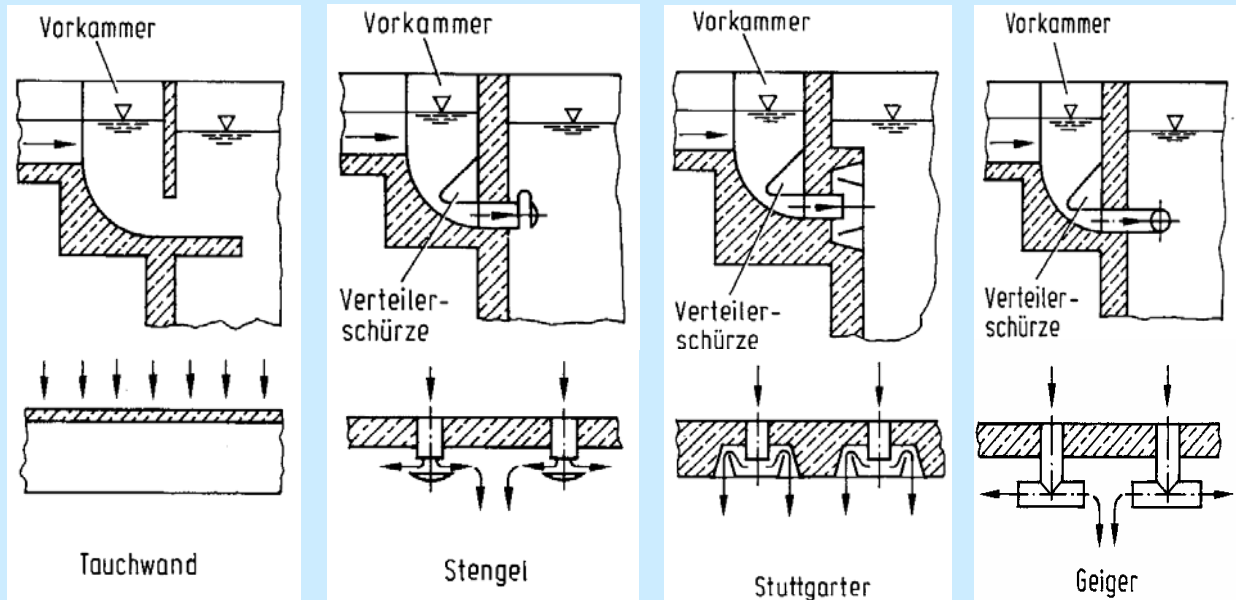
## Zulaufkonstruktionen Runde Nachklärbecken



31.05.2006

Folie 44

## Zulaufkonstruktionen Rechteckige Nachklärbecken



31.05.2006

Folie 45

## Ablauf aus dem Nachklärbecken

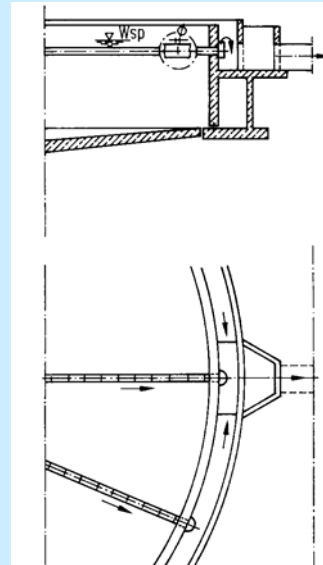


31.05.2006

Folie 46

# Ablaufkonstruktionen

## Runde Nachklärbecken



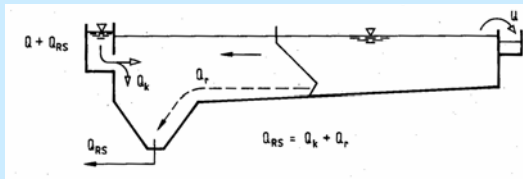
getauchte,  
gelochte  
Ablaufrohre

# Einteilung der Schlammräumungssysteme für Absetzbecken

Beckenart		Räumsystem/ Räumart	
Becken mit vorwiegend horizontalem Durchfluss	Rechteck-becken	Schildräumer	Bodenschilde schieben den Schlamm in Trichter oder Abzugsöffnungen
		Saugräumer	Abzug über Saugdüsen oder Bodenschilde; der Schlamm wird durch senkrecht angeordnete Entnahmerohre abgesaugt.
	Rund-becken	Bandräumer	Räumbalken an umlaufenden Ketten schieben den Schlamm zum Abzugspunkt.
		Schildräumer	Bodenschilde schieben den Schlamm in Trichter oder Abzugsöffnungen.
Becken mit vorwiegend vertikalem Durchfluss	Rundbecken mit flacher Sohle	Saugräumer	Abzug über Saugdüsen oder Bodenschilde; der Schlamm wird durch senkrecht angeordnete Entnahmerohre abgesaugt.
		Schildräumer	Bodenschilde schieben den Schlamm in Trichter oder Abzugsöffnungen.
	Trichter-becken	Steigleitung	Schlammabzug aus Trichterspitze durch fest eingebaute Steigleitung zu einem Schlamm-schacht.
		Druckluftheber oder Pumpe	Abzug aus Trichterspitze und anschließende Weiterförderung in Rohrleitung.



## Räumertypen



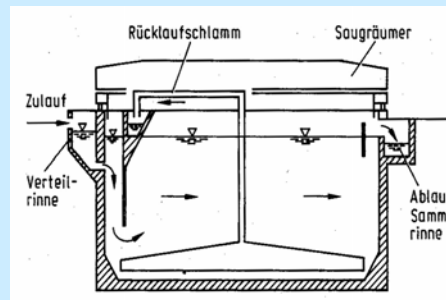
Bandräumung im Rechteckbecken



Schildräumer im Rundbecken



Saugräumung im Rundbecken



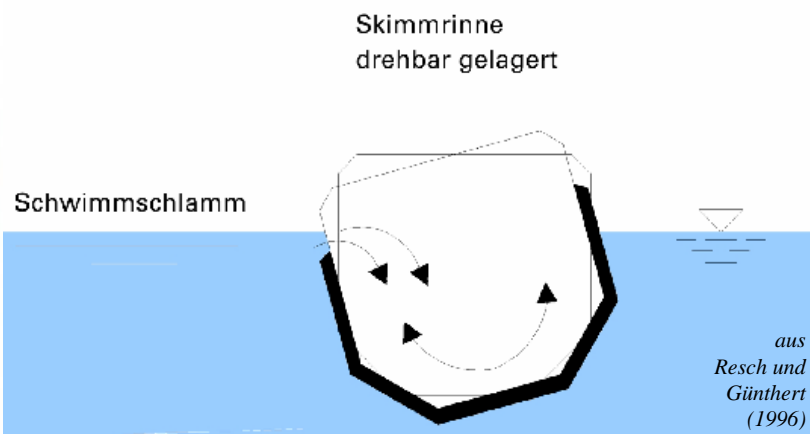
Saugräumung im Rundbecken



## Schwimmschlamm Bildung

- Schwimmschlamm Bildung erfolgt in Nachklärbecken als Folge einer übermäßigen Entwicklung fadenförmiger Organismen beispielsweise durch unkontrollierte Denitrifikation,
- im Nachklärbecken bei nitrifizierenden Kläranlagen
- durch saisonale Einflüsse (Veränderung der Biozönose im Frühjahr und im Herbst) oder
- aufgrund einer ungünstigen Abwasserzusammensetzung oder
- ungünstiger Belastungszustände der biologischen Behandlungsstufe.

## Schwimmschlammräumungssysteme



31.05.2006

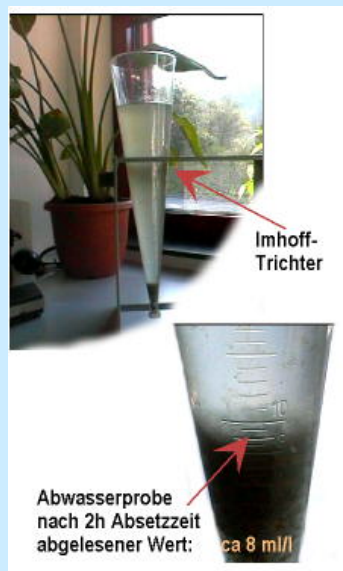
Folie 51

## Eigenschaften des Belebtschlammes

### Schlammvolumen



### Absetzbare Stoffe



### Schlammwässerung



31.05.2006

www.abwassertechnik.at Folie 52

## Teil 2

# Biologische Abwasserreinigung

## Gliederung

- 3. Biologische Abwasserreinigung - Belebungsverfahren**
  - 3.1 Grundsätze und Mikroorganismen**
  - 3.2 Nitrifikation und Denitrifikation**
  - 3.3 Belebungsverfahren**
  - 3.4 Phosphor Elimination**

## Gliederung

### **3. Biologische Abwasserreinigung - Belebungsverfahren**

#### **3.1 Grundsätze und Mikroorganismen**

#### **3.2 Nitrifikation und Denitrifikation**

#### **3.3 Belebungsverfahren**

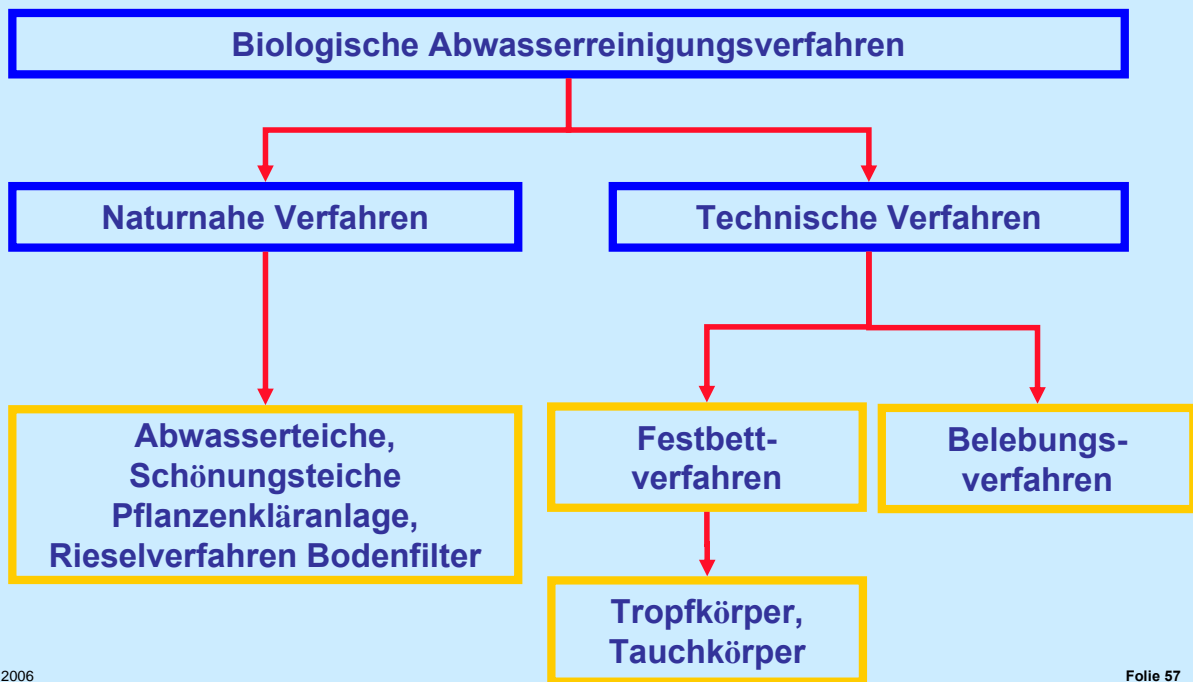
#### **3.4 Phosphor Elimination**

## Biologische Abwasserreinigung

### Ziele der Veranstaltung:

- **Grundprinzipien der biologischen Abwasserreinigung verstehen**
- **biologischen Prozessabläufe nachvollziehen**
- **verfahrenstechnische Ausbildung kennen**
- **grobe Richtwerte (Kennzahlen) wissen**

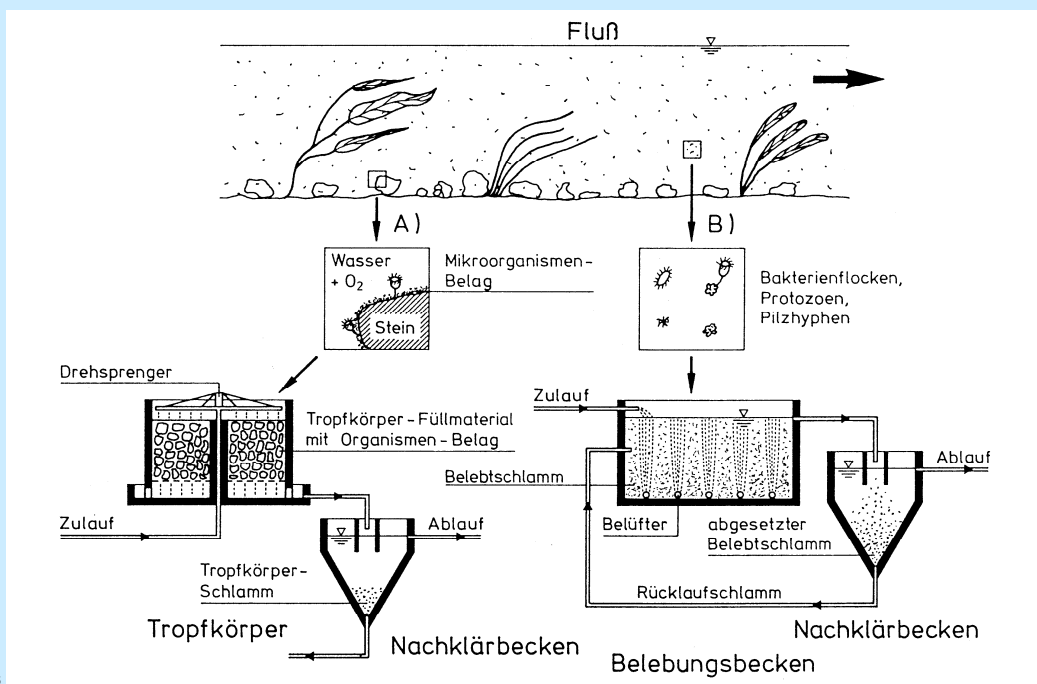
## Systematik der Reinigungsverfahren



31.05.2006

Folie 57

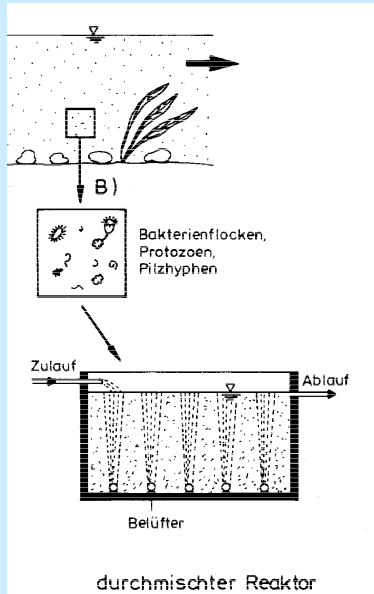
## Technische Nutzung biologischer Prozesse



31.05.2006

Folie 58

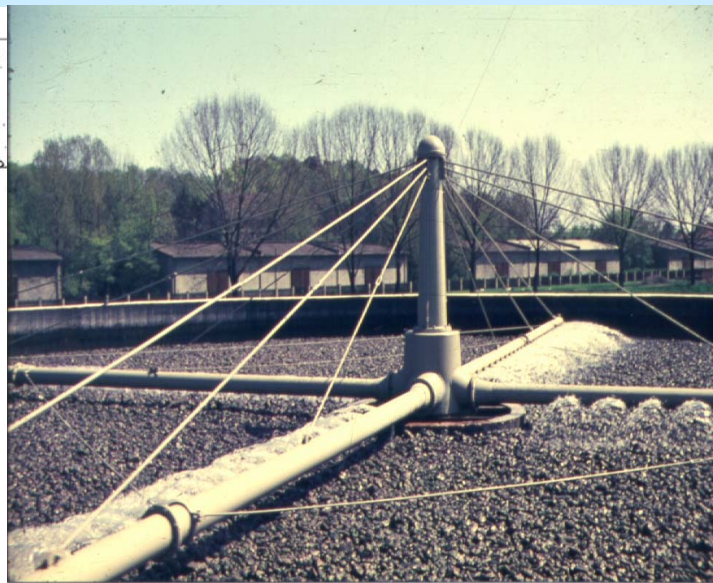
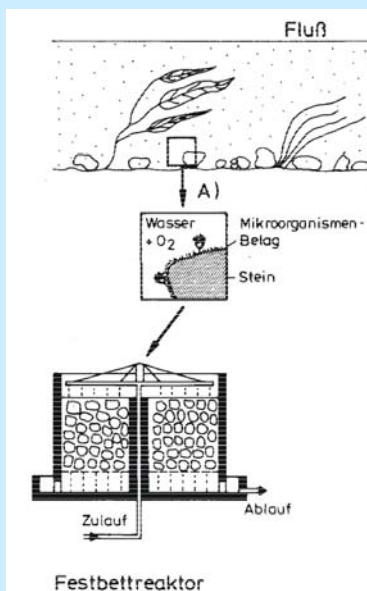
## Biologische Abwasserreinigung nach dem Belebungsverfahren



31.05.2006

Folie 59

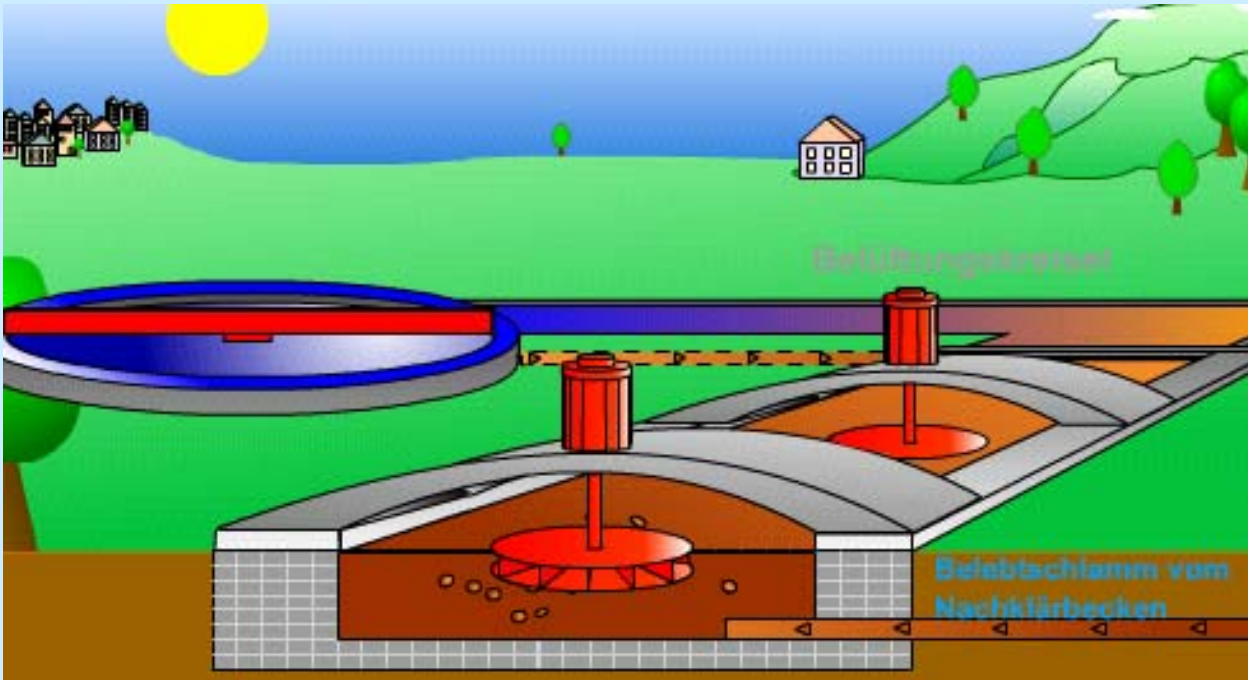
## Biologische Abwasserreinigung nach dem Tropfkörperverfahren



31.05.2006

Folie 60

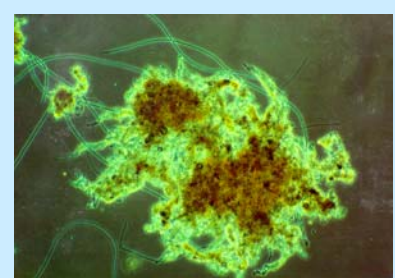
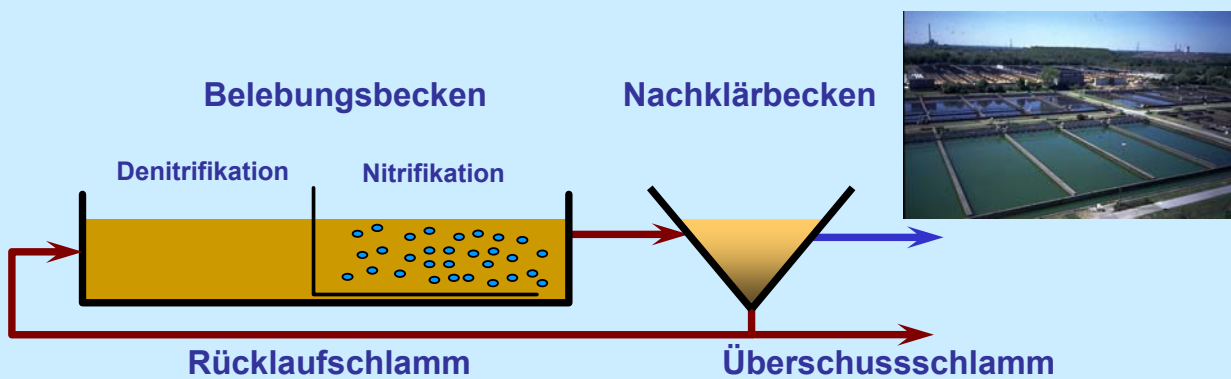
## Belebungsverfahren



31.05.2006

aus: www.bgw.de Folie 61

## Fließschema Belebungsverfahren

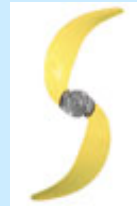


31.05.2006

Folie 62

## Anforderungen an Belebungsbecken

- Ausreichende Anreicherung an Biomasse
- Ausreichende Sauerstoffzufuhr und deren Regelbarkeit
- Ausreichende Durchmischung
- Keine Belästigung durch Geruch, Aerosole, Lärm und Erschütterungen

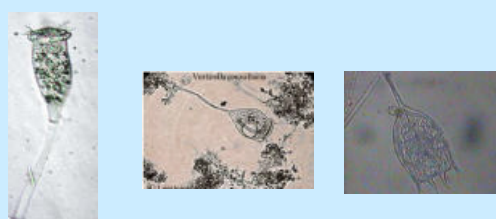
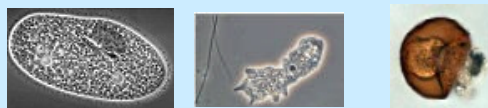


31.05.2006

Folie 63

## Mikroorganismen im Belebtschlamm

- **Bakterien**
- **Wechseltierchen oder Amöben**
- **Wimperntierchen**
- **Glockentierchen**

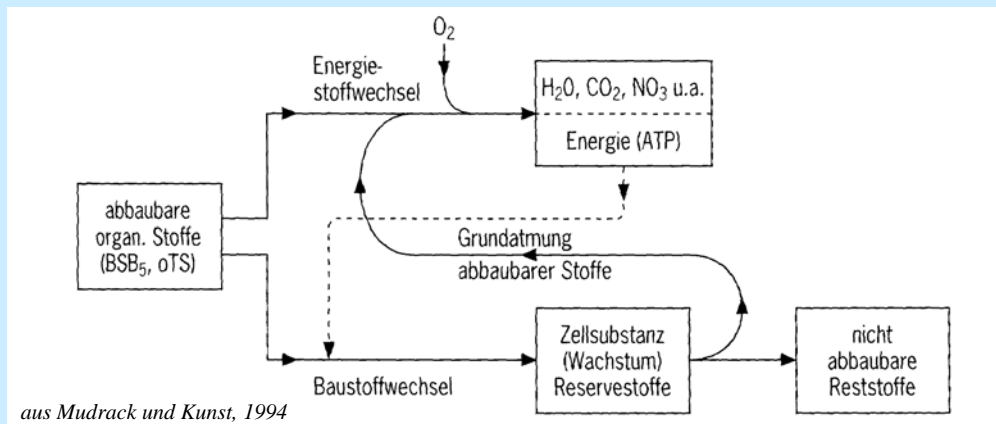


31.05.2006

Folie 64



## Zusammenspiel von Bau- und Betriebsstoffwechsel der Mikroorganismen



- der Nährstoffangebot
- die Milieubedingungen (Sauerstoffgehalt)
- die Abwassertemperatur
- der pH-Wert und die Säurekapazität des Abwassers
- vorhandene Hemmstoffe im Abwasser (Schwermetalle, Pestizide)
- die eingesetzte Verfahrenstechnik (Durchmischung, mechanische Beanspruchung, Selektion)

31.05.2006

Folie 65

## Bakterienarten im Belebtschlamm

### heterotroph

Zell-C aus organischen Verbindungen  
Aerobier: aerober Kohlenstoffabbau  
Denitrifikanten:  
Reduktion von Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) zu  $\text{N}_2$

### autotroph

Zell-C aus  $\text{CO}_2$   
Nitrifikanten:  
Oxidation von Ammonium  
( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )



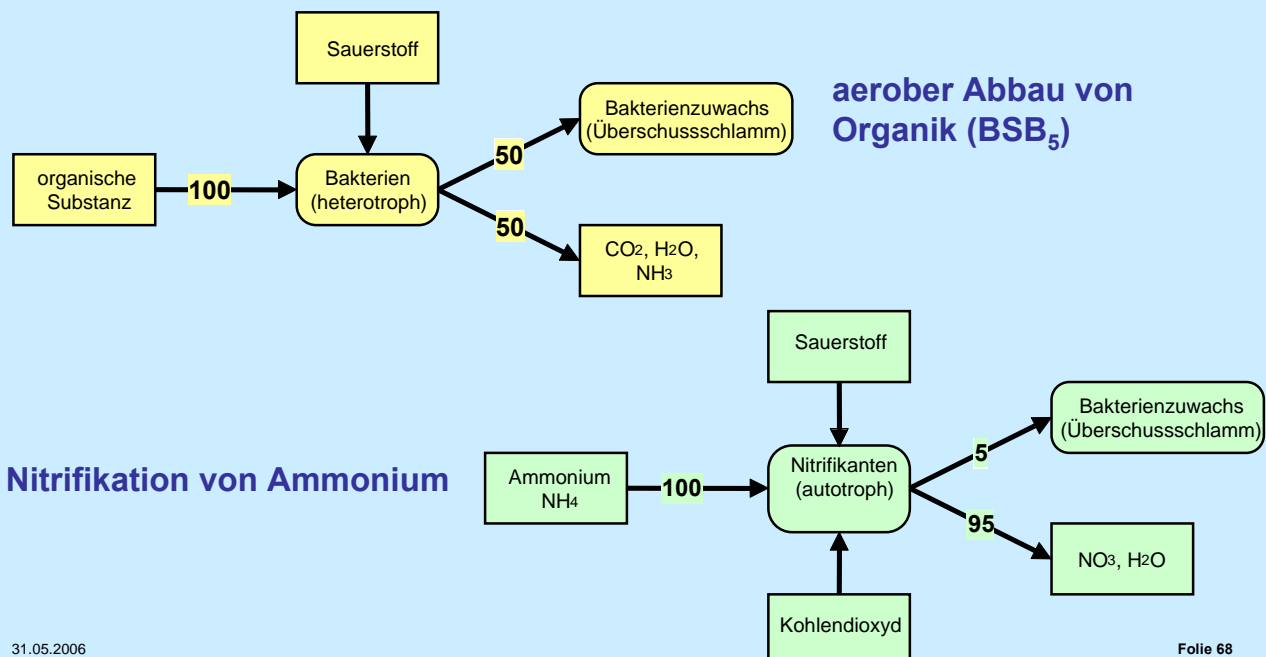
31.05.2006

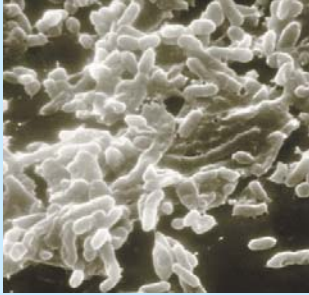
Folie 66

## Prozessbedingungen

- **aerob**  
Zufuhr von Sauerstoff  
Kohlenstoffabbau  
Nitrifikation
- **anoxisch**  
kein gelöster Sauerstoff  
Denitrifikation
- **anaerob**  
kein Sauerstoff  
Methanbildung

## Biologische Grundreaktionen





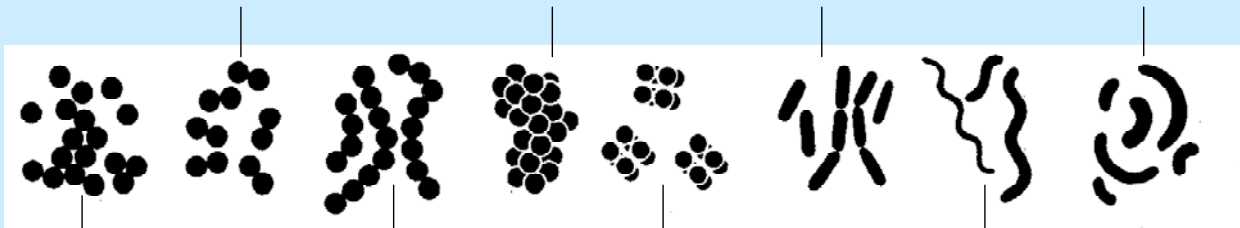
## Typische Formen von Bakterienzellen

Diplokokken

Staphylokokken

Stäbchenbakterien

Vibrionen



Mikrokokken

Streptokokken

Sarcinen

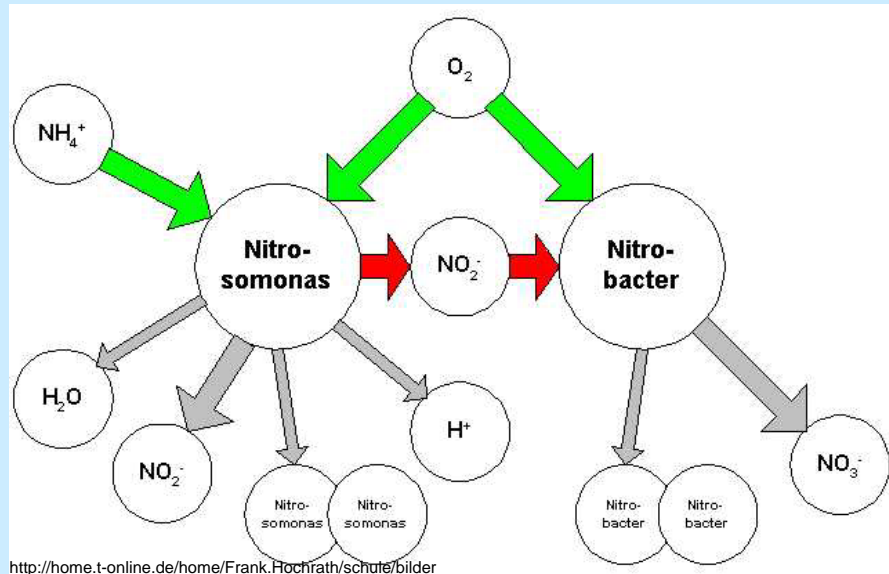
Spirillen

## Gliederung

3. Biologische Abwasserreinigung - Belebungsverfahren
  - 3.1 Grundsätze und Mikroorganismen
  - 3.2 Nitrifikation und Denitrifikation**
  - 3.3 Belebungsverfahren
  - 3.4 Phosphor Elimination

## Chemische Grundreaktionen – Nitrifikation

Mikrobiologische  
Oxidation von  
Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )  
über Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) zu  
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

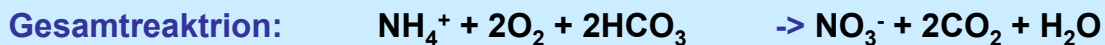
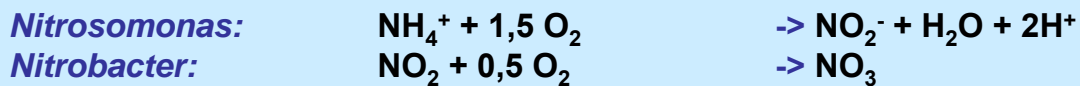


31.05.2006

Folie 71

## Chemische Grundreaktionen - Nitrifikation

Mikrobiologische Oxidation von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )  
über Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )



### Voraussetzungen:

- *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* sind Nitrifikanten.
- Nitrifikanten wachsen langsam, brauchen min. 10 °C, pH 7,2 – 8,0
- Anwesenheit von freiem Sauerstoff
- Sauerstoffverbrauch: 4,6 g  $\text{O}_2$ /g  $\text{NH}_4\text{-N}$
- Verbrauch an Säurekapazität: 2 mol  $\text{HCO}_3^-$ /mol  $\text{NH}_4\text{-N}$

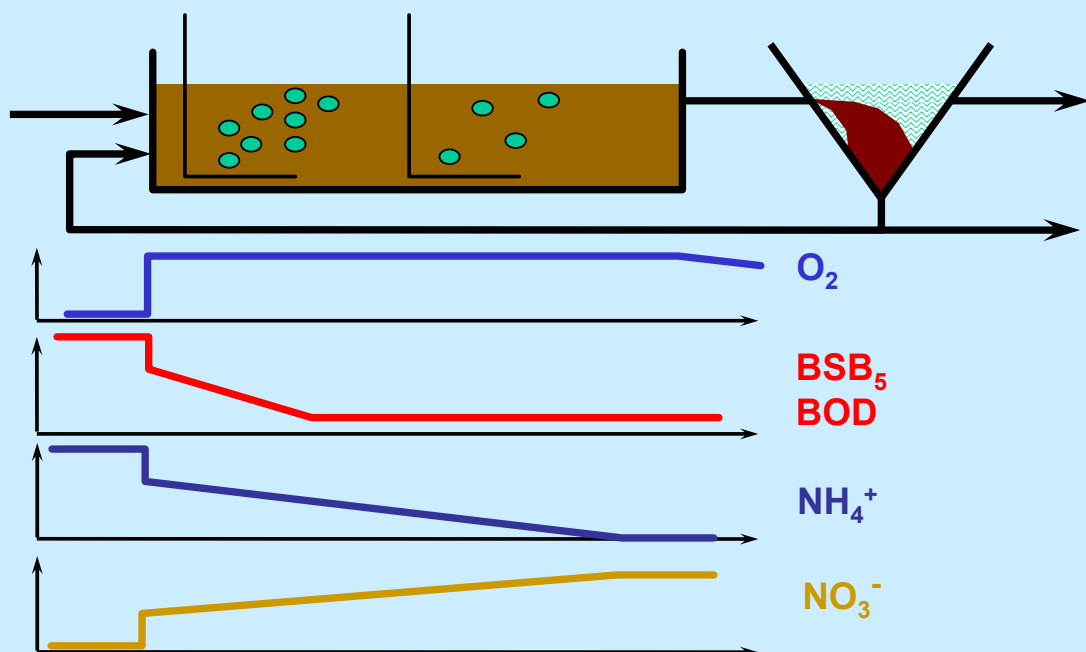
31.05.2006

Folie 72

## Einflussfaktoren auf die Nitrifikation

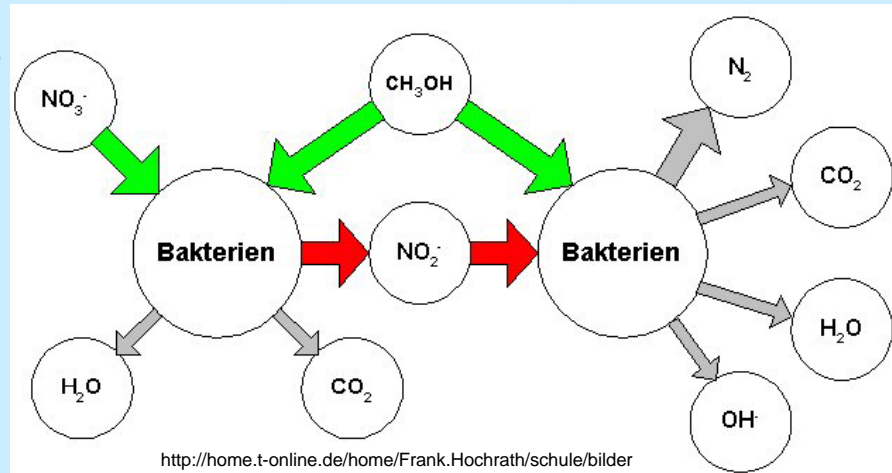
- Substratkonzentration ( $\text{NH}_4$ )
- Temperatur
- Sauerstoffkonzentration
- pH-Wert
- hemmende Stoffe

## Nitrifikation (nach Gujer, 1999)



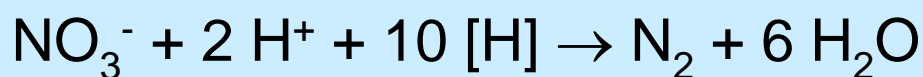
## Chemische Grundreaktionen – Denitrifikation

Mikrobiologische  
Reduktion von  
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )  
zu Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ )



## Chemische Grundreaktionen – Denitrifikation

Mikrobiologische Reduktion von Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) zu Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ )



[H] entspricht Organik ( $\text{BSB}_5$ )

### Voraussetzungen:

- Denitrifikanten (Die meisten Bakterien können denitrifizieren.)
- Nitrat oder Nitrit
- Abwesenheit von freiem Sauerstoff
- Organik ( $\text{BSB}_5$ )

## Einflussfaktoren auf die Denitrifikation

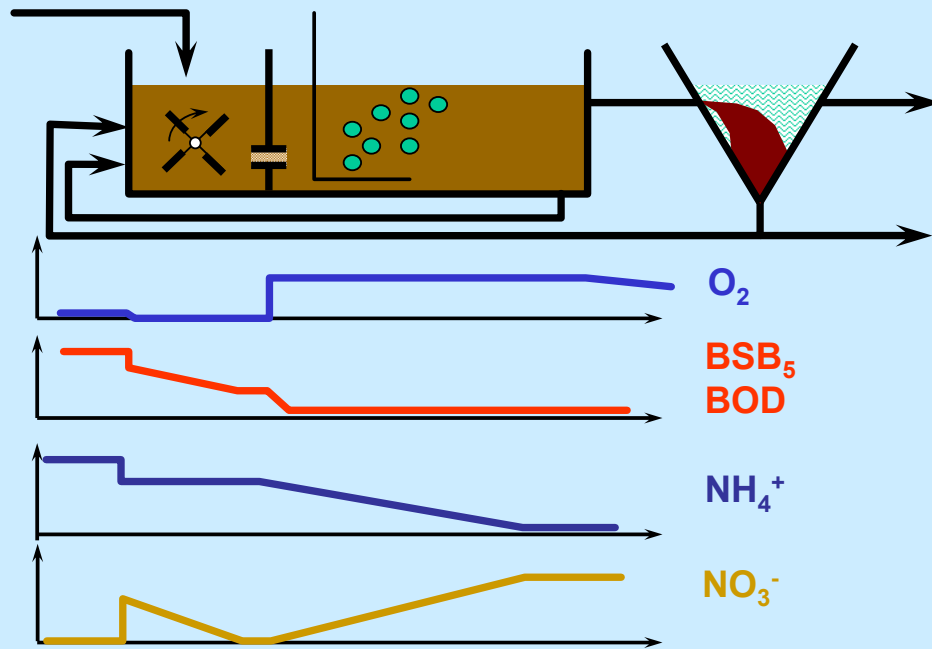
- Nitratkonzentration
- Substratkonzentration (Energiequelle)
- Temperatur
- Sauerstoffkonzentration (Hemmung)
- pH-Wert

## Erforderliche Umweltbedingungen

Aerober Abbau von BSB <sub>5</sub>	Nitrifikation	Denitrifikation
O <sub>2</sub>	●	<u>hemmt</u>
CSB, BSB <sub>5</sub>	●	●
het. Biomasse	●	●
Nitrifikanten	●	●
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	●	●
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Produktion	●
NCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	●	Produktion
Schlammalter < 5d	7 – 10 d	12 – 18 d

● muss vorhanden sein

## Vorgeschaltete Denitrifikation (nach Gujer, 1999)



31.05.2006

Folie 79

## Gliederung

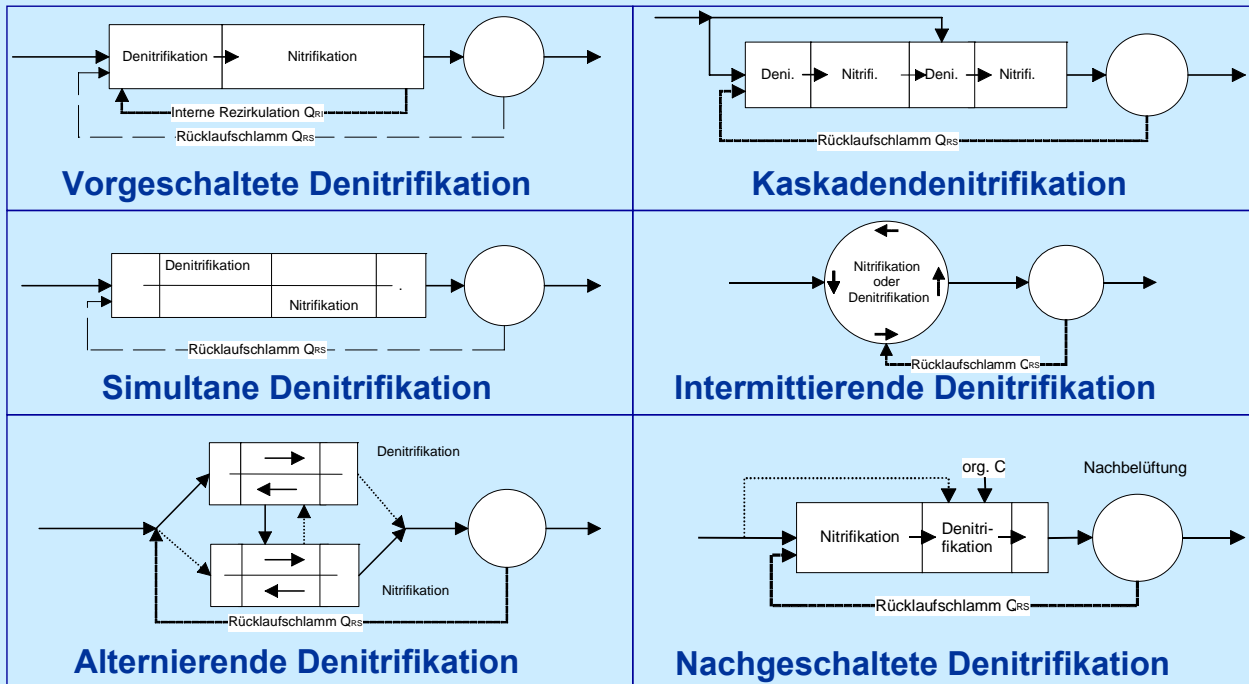
3. Biologische Abwasserreinigung - Belebungsverfahren
  - 3.1 Grundsätze und Mikroorganismen
  - 3.2 Nitrifikation und Denitrifikation
  - 3.3 Belebungsverfahren**
  - 3.4 Phosphor Elimination

31.05.2006

Folie 80



## Bau und Betriebsweisen von Belebungsbecken



31.05.2006

Folie 81

## Verfahrensvergleich Denitrifikation

### Vorgeschaltete Denitrifikation

- definierte, knappe Beckenvolumina
- gute Regelbarkeit, hohe Variabilität = kompliziert
- vornehmlich für größere Anlagen

### Simultane Denitrifikation

- große Beckenvolumina, höhere Investitionskosten
- stabiler, einfacher Betrieb, sehr gute Ablaufwerte
- vornehmlich für kleinere Anlagen

### Nachgeschaltete Denitrifikation

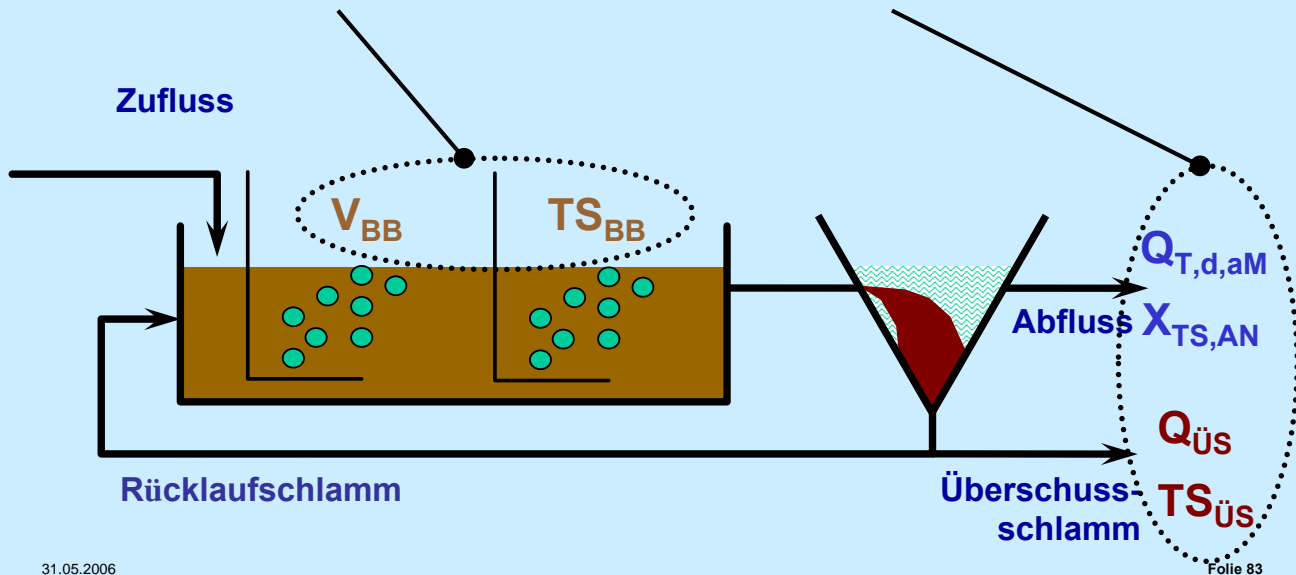
- externe C-Quelle = hohe Betriebskosten
- sehr gute Ablaufwerte, keine Rezirkulation
- Anwendung nur in Ausnahmefällen

31.05.2006

Folie 82

## Bemessung über das Schlammalter

Schlammmasse im System + Schlammabnahme aus dem System



31.05.2006

Folie 83

## Definition des Schlammalters

$$t_{TS} = \frac{V_{BB} \cdot TS_{BB}}{Q_d \cdot X_{TS,AN} + Q_{ÜS} \cdot TS_{ÜS}}$$

mit:

$V_{BB}$  = Volumen Belebungsbecken

$TS_{BB}$  = Feststoffgehalt Belebungsbecken

$Q_{T,d,aM}$  = Durchfluss

$X_{TS,AN}$  = Feststoffgehalt Ablauf

$Q_{ÜS}$  = Überschussschlammfluss

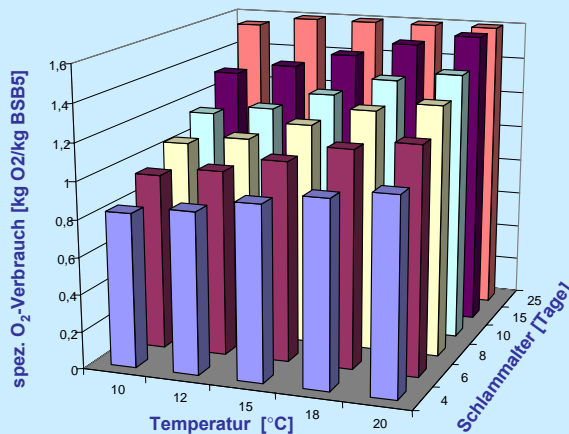
$TS_{ÜS}$  = Feststoffgehalt des Überschussschlammes

31.05.2006

Folie 84

## Sauerstoffbedarf für die Kohlenstoffatmung in Abhängigkeit von Temperatur (T) und Schlammalter ( $t_{TS}$ )

$$OV_{d,C} = B_{d,BSB} \cdot \left( 0,56 + \frac{0,15 \cdot F_T \cdot t_{TS}}{1 + 0,17 \cdot F_T \cdot t_{TS}} \right)$$



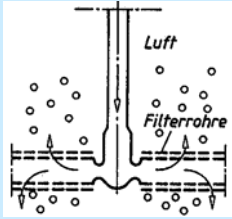
- $OV_{d,C}$  = Sauerstoffverbrauch Kohlenstoffelimination
- $t_{TS}$  = Schlammalter
- 0,56 = Substratatemskoeffizient
- $F_T$  =  $1,072(t-15)$
- $0,15 \cdot F_T$  = endogene Atmungsrate

## Sauerstoffbedarf für die Nitrifikation

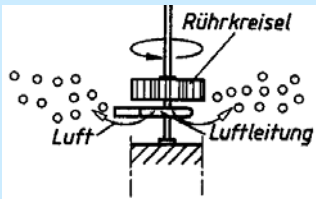
$$OV_{d,N} = Q_d \cdot 4,3 \cdot \frac{(S_{NO_3,D} - S_{NO_3,ZB} + S_{NO_3,AN})}{1.000}$$

- 4,3** stöchiometrischer Faktor
- $S_{NO_3,D}$  Konzentration des zu denitrifizierenden Nitrates
- $S_{NO_3,ZB}$  Konzentration des Nitrates Zulauf BB
- $S_{NO_3,D}$  Konzentration des Nitrates Ablauf NK

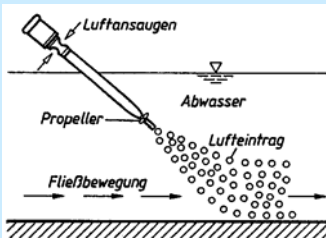
## Belüftung mit Druckluft



Filterrohre



Verteilerring für Luft  
mit Rührkreisel



Injektorbelüfter

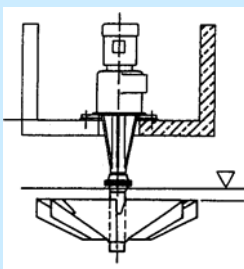
31.05.2006

### Flächenbelüftung



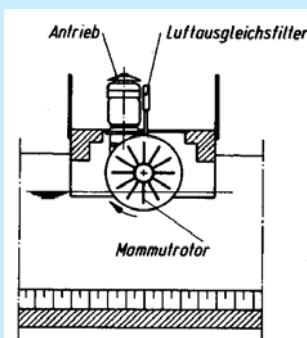
Folie 87

## Oberflächenbelüfter



Kreiselbelüfter

**circulating** umlaufende  
**installation** Brückenkonstruktion  
in Betrieb



Mammutrotor



31.05.2006

Folie 88

## Oberflächenbelüfter

mit vertikaler Achse



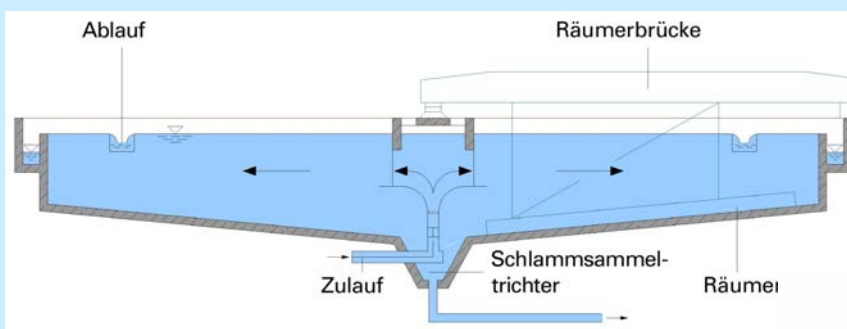
mit horizontaler Achse



31.05.2006

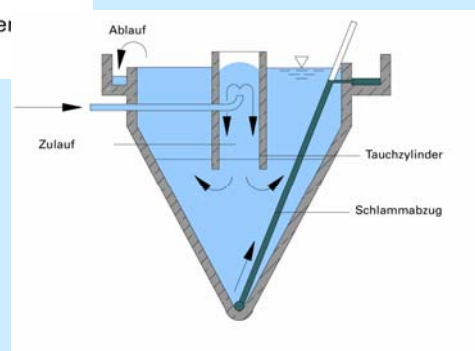
Folie 89

## Nachklärbecken in Abhängigkeit der Durchströmung



Horizontal durchströmte Rundbecken

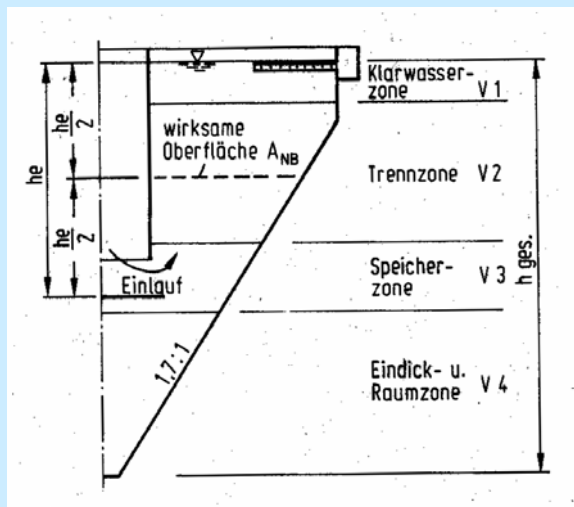
Vertikal durchströmte Rundbecken



31.05.2006

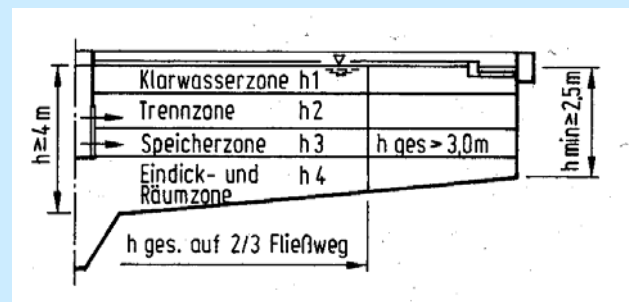
Folie 90

## Zonen und Tiefen im Nachklärbecken



vertikal durchströmtes Trichterbecken

### horizontal durchströmtes Rundbecken



## Gliederung

3. Biologische Abwasserreinigung - Belebungsverfahren
  - 3.1 Grundsätze und Mikroorganismen
  - 3.2 Nitrifikation und Denitrifikation
  - 3.3 Belebungsverfahren
  - 3.4 Phosphor Elimination

## Phosphorelimination



Foto: Prof. Londong, Weimar

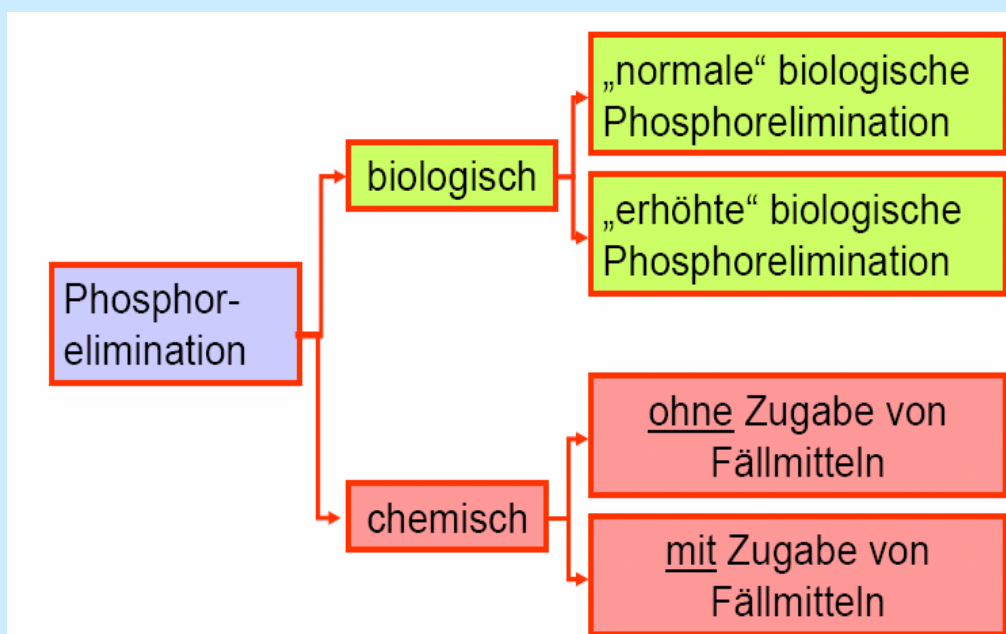
### Algenpest durch Nährstoffeintrag

- Phosphor ist in Gewässern häufig der limitierende Faktor. Gefahr der Überdüngung und Vermehrung der Biomasse.
- Die Gewässer können umkippen (Eutrophierung).
- Verfahren zur Phosphorelimination
  - Biologisch (Bakterien)
  - Chemisch durch Fällung

31.05.2006

Folie 93

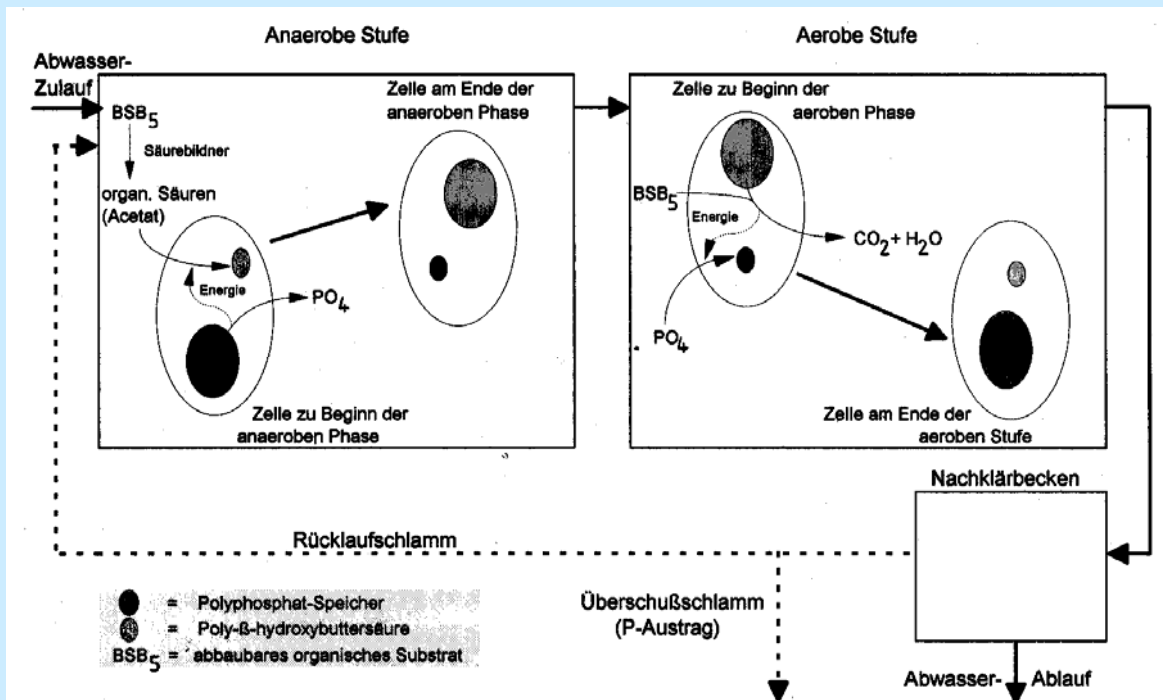
## Phosphorelimination



31.05.2006

Folie 94

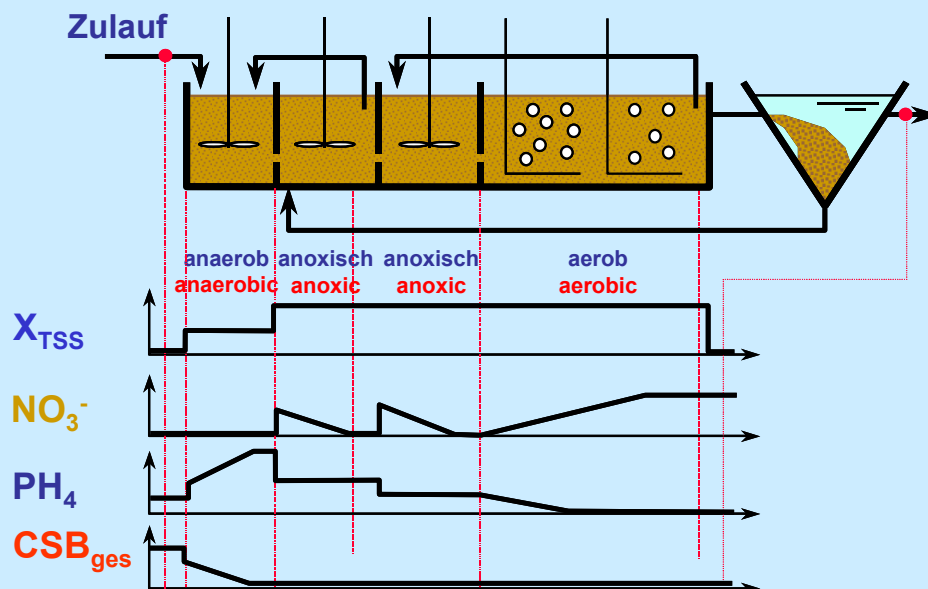
## Biologische Phosphorelimination



31.05.2006

Folie 95

## Biologische Phosphorelimination Konzentrationsverläufe nach Gujer, 1999



31.05.2006

Folie 96



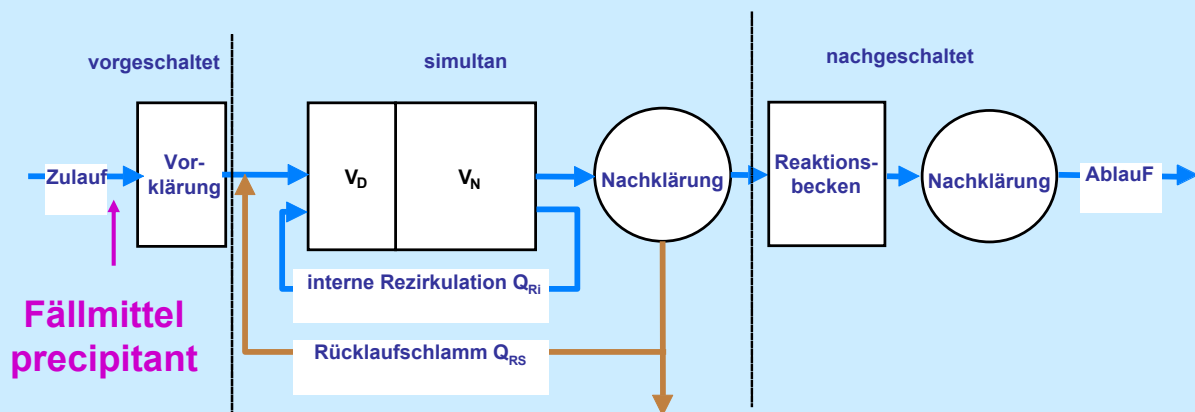
## Chemische Phosphorelimination



- Überführung der Phosphate in schwer lösliche Eisen-, Aluminium- oder Kalzium-Verbindungen
- Abtrennung erfolgt durch Sedimentation
- Fällmittel und Bedarf nach ATV-A 131 (2000):
  - Eisen  $\text{Fe}^{3+}$ : 2,7 kg Fe pro kg zu fällendem Phosphor
  - Aluminium: 1,3 kg Al pro kg zu fällendem Phosphor
  - Kalk (Kalkmilch): Bedarf richtet sich nach der Säurekapazität.
- Ort der Fällmittelzugabe definiert die Verfahren
  - Vorfällung
  - Simultanfällung
  - Nachfällung

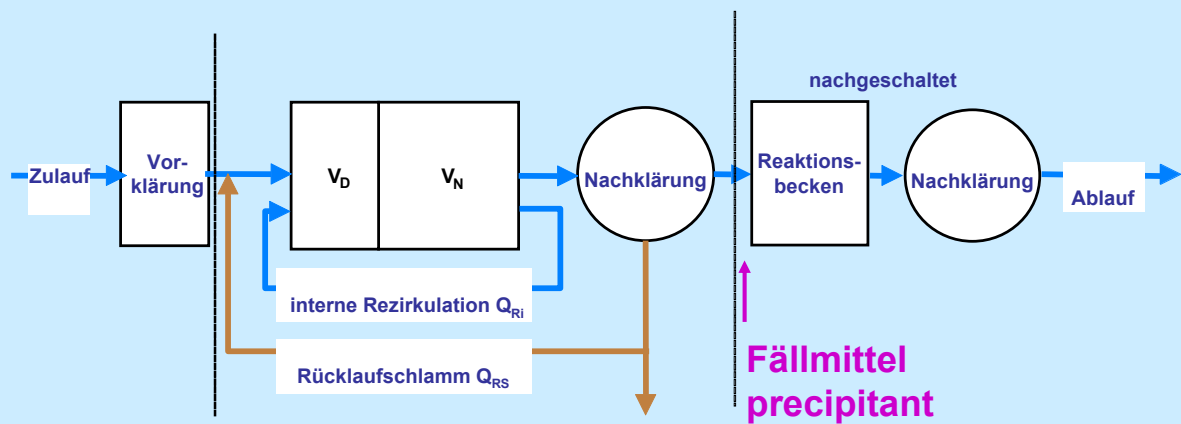
Folie 97

## Verfahren der chemischen P-Elimination



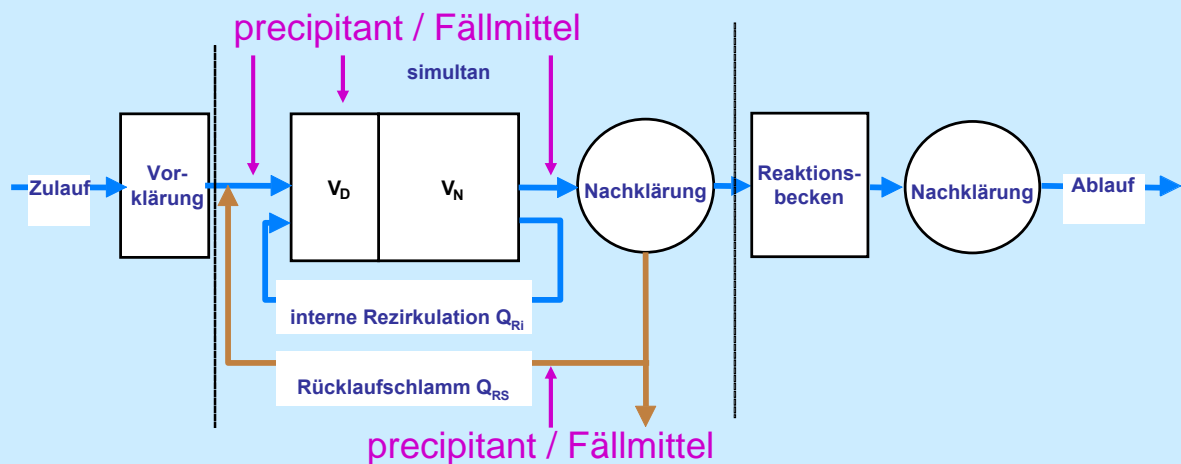
- vorgeschaltet: einfach zu installieren, evtl. P-Mangel im BB, keine biologische P-Elimination, hoher Fällmittelverbrauch

## Verfahren der chemischen P-Elimination



- **nachgeschaltet:** bester Wirkungsgrad, hoher Aufwand wegen zusätzlicher Becken

## Verfahren der chemischen P-Elimination



- **simultan:** positiv für Schlammbeschaffenheit, Reduzierung der Blähschlamm-Bildung, Verwendung von kostengünstigem Grünsalz (Fe(II)-Salz)

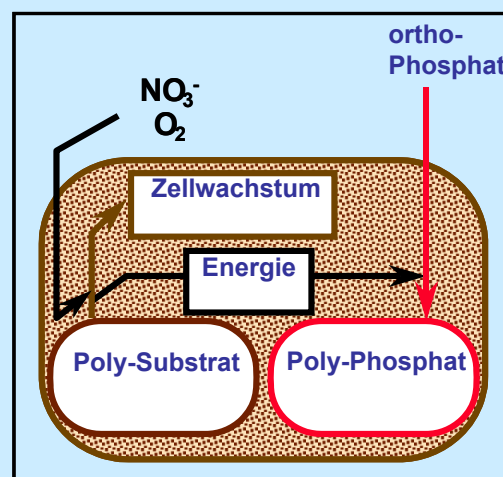
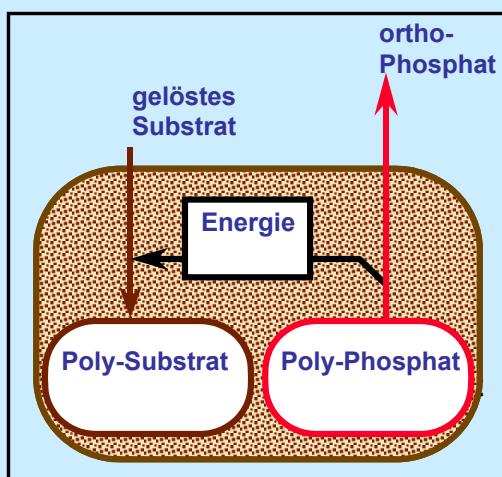
## Übersicht Fällmittel

Typ	Bezeichnung, Formel	Zustand
Al	Aluminiumsulfat $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	fest
	Aluminiumchlorid $\text{AlCl}_3$	Lösung
	Polyaluminiumchlorid $(\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n})_m$	Lösung
	$\text{AlCl}_3 + \text{FeCl}_3$	Lösung
	$n\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}$	fest
Fe II	Eisen(II)-Sulfat $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	fest
Fe III	Eisen(III)-Chloridsulfat $\text{FeClSO}_4$	Lösung
	Eisen(III)-Chlorid $\text{FeCl}_3$	Lösung
Ca	Kalk $\text{CaO}$ Kalkhydrat	fest
	Kalziumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$	fest

## Prinzip der biologischen P-Elimination durch Phosphatspeichernde Bakterien

Anaerobe Umgebung

Anoxisch oder aerobe Umgebung





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Dipl.-Ing. Pamela Meyer**

Quelle: Stadt Münster, Tiefbauamt