

7.2 Bepflanzte Bodenfilter – Pflanzenkläranlagen (PKA)

Der Begriff „Pflanzenkläranlage“ ist im gleichen Maß ungenau wie allgemein gebräuchlich. Darunter wird in der Regel eine Abwasserreinigungsanlage verstanden, die als Hauptreinigungsstufe ein mit Bodenmaterial gefülltes, zum Untergrund abgedichtetes und bepflanztes Becken aufweist. Einrichtungen zur Zuleitung, Verteilung und Ableitung des Abwassers, zur mechanischen Vorreinigung und zur Anlagensteuerung sind weitere wesentliche Anlagenbestandteile.

7.2.1 Einteilung und Bauformen

BÖRNER (1992) typisiert die unterschiedlichen Bauformen nach der Bodenhydraulik und dem verwendeten Bodenmaterial und unterscheidet folgende Hauptvarianten:

- ⇒ Pflanzenbeete ohne Bodenpassage des Wassers
- ⇒ Pflanzenbeete mit sequentieller Bodenpassage, d.h. mit freiem Wasserkörper und durchflossenen Kies- oder Bodenbereichen
- ⇒ Pflanzenbeete mit vollständig durchflossenen grobkörnigen Bodenkörpern z.B. aus Sand, Schotter, etc.
- ⇒ Pflanzenbeete mit bindigen Bodenkörpern

Pflanzenkläranlagen werden überdies nach der Durchströmung unterschieden (Abb. 7.2-1)

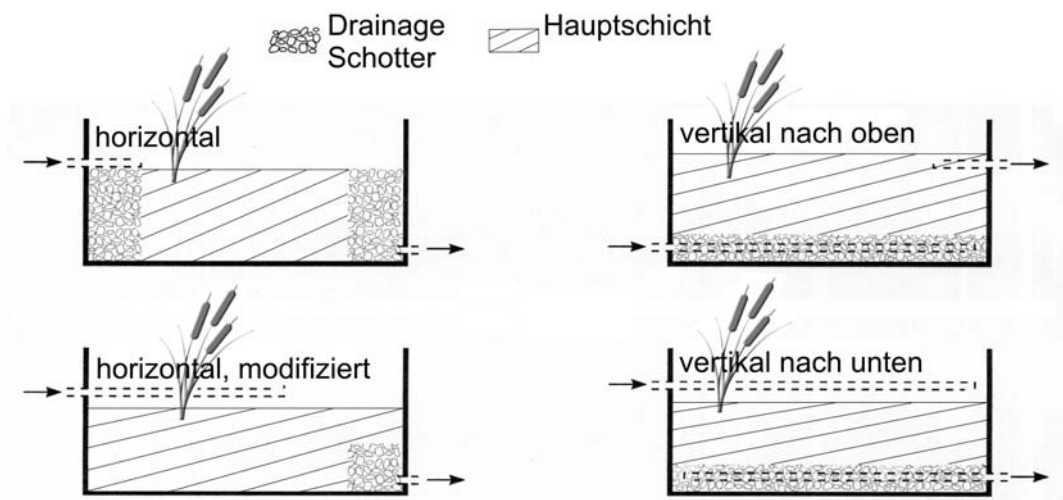


Abb. 7.2-1: Hydraulische Durchströmung unterschiedlicher Bauformen

International ist folgende Einteilung üblich:

- ⇒ Floating aquatic plant systems (Wasserhyazinthen, Wasserlinsen)
- ⇒ Surface flow constructed wetlands
- ⇒ Subsurface flow constructed wetlands with horizontal flow
- ⇒ Subsurface flow constructed wetlands with vertical flow

EXTENSIVE VERFAHREN – BEPFLANZTE BODENFILTER (PKA) / 7.2-2

Pflanzenkläranlagen können ein- oder mehrstufig ausgeführt werden. Eine mechanische Vorreinigung ist zur Vermeidung einer Verstopfung des Bodenkörpers (Clogging) bei Verwendung der Pflanzenkläranlage als Hauptreinigungsstufe notwendig. Neben dem Einsatz als biologische Hauptreinigungsstufe werden Pflanzenkläranlagen auch als Nachreinigungsstufe verwendet.

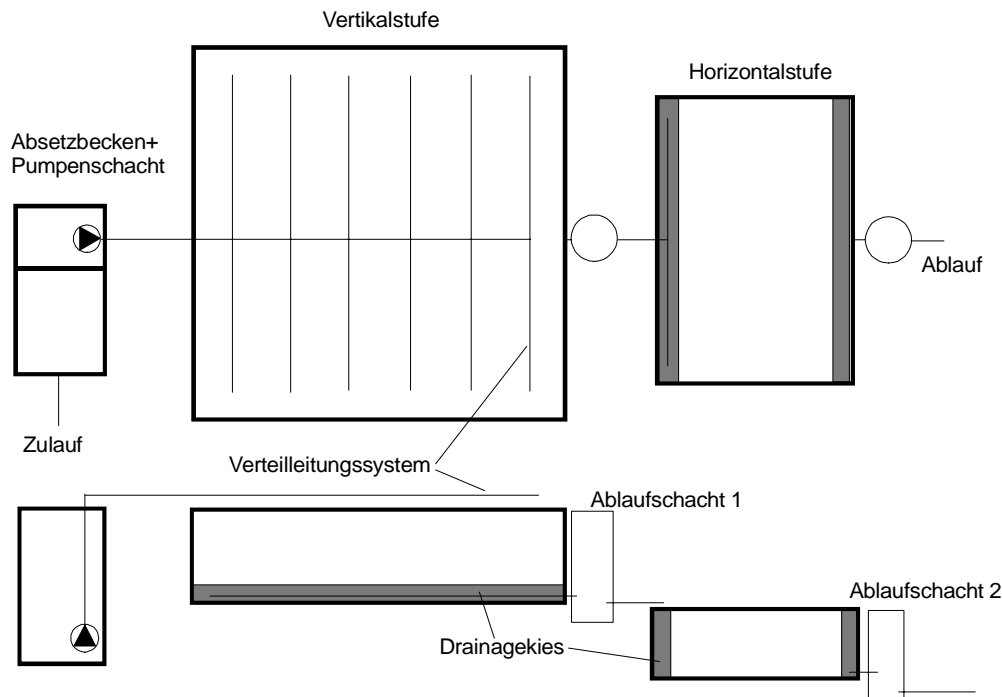


Abb. 7.2-2: Beispiel einer zwei-stufigen Anlage (PKA Kroisbach/OÖ) - subsurface vertical flow & subsurface horizontal flow in Serie

7.2.2 Komponenten einer Pflanzenkläranlage

- ⇒ Mechanische Vorreinigung (z.B. Dreikammergrube, Absetzschacht, Filtersack, Rottebox)
- ⇒ Zulaufverteilsystem
- ⇒ Drainage, Ablaufschacht mit höhenjustierbarem Ablaufrohr
- ⇒ Bodensubstrat (meist sandiges Material): hydraulische Leistungsfähigkeit muß gegeben sein ($k_f 10^{-3} - 10^{-4} \text{ m/s}$), Ungleichförmigkeitszahl $U < 5$, Adsorptionseigenschaften
- ⇒ Pflanzen (Helophyten): unterschiedlichste Arten je nach Standortbedingungen, Beitrag (meist gering) zu Sauerstoffeintrag in den Bodenkörper, Stoffaufnahme, Isolierschicht
- ⇒ Mikroorganismen: Hauptanteil beim Abbau von Schmutzstoffen, unterschiedliche aerobe, anaerobe Stämme, angepaßt an Milieubedingungen

EXTENSIVE VERFAHREN – BEPFLANZTE BODENFILTER (PKA) / 7.2-3

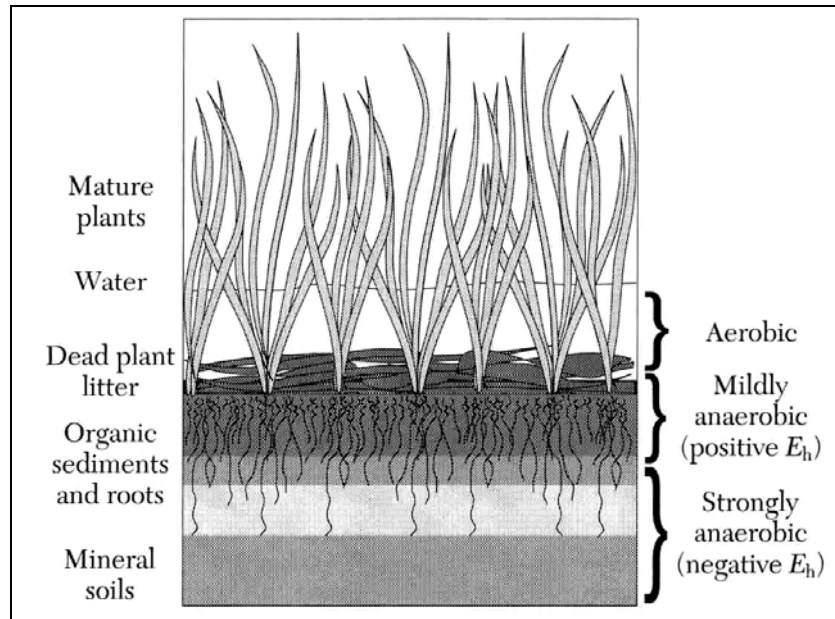


Abb. 7.2-3: idealisierte Milieubedingungen in einem Pflanzenbeet mit freiem Wasserspiegel - surface flow wetland (KADLEC und KNIGHT, 1996)

7.2.3 Eliminationsmechanismen

Im Zusammenwirken zwischen Bodensubstrat, Pflanzen und Mikroorganismen werden die Abwasserinhaltsstoffe durch physikalische, chemische und biologische Eliminationsmechanismen abgebaut bzw. eliminiert.

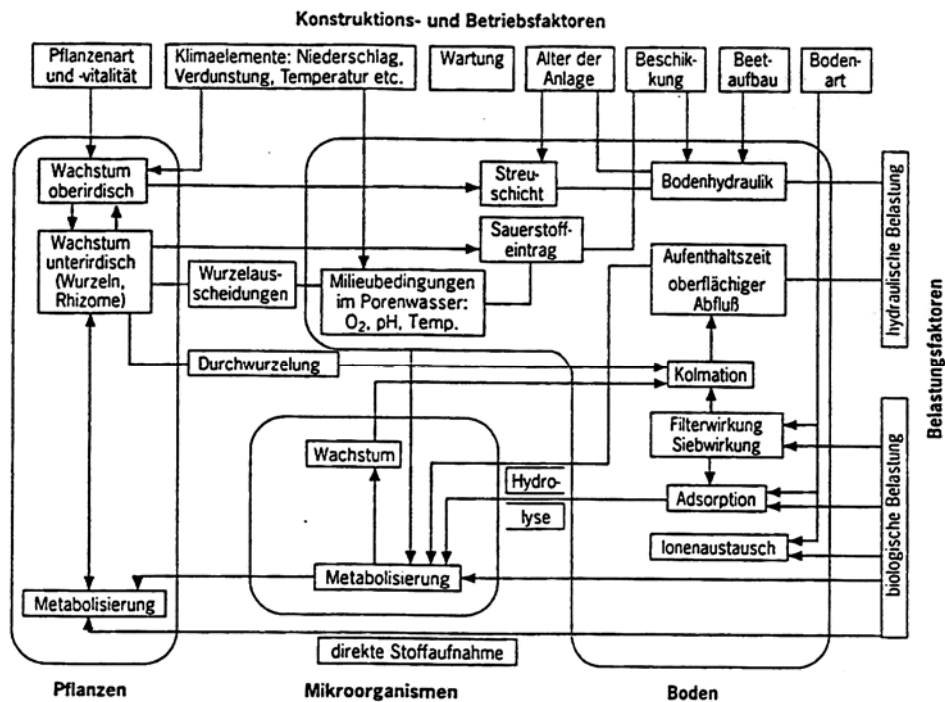


Abb. 7.2-4: Zusammenhang der naturwissenschaftlichen Einflußgrößen (BÖRNER, 1992)

7.2.4 Bemessung

Die Bemessung von Pflanzenkläranlagen kann auf Basis der Hydraulik und auf Basis der biochemischen Reaktionskinetik (Abbau erster Ordnung) erfolgen. Für horizontal durchströmte Anlagen ist die Berechnung des Infiltrationsquerschnittes notwendig.

⇒ Bemessung des Infiltrationsquerschnittes bei horizontal durchströmten Anlagen:

$$A_{\text{inf}} = Q / (k_f \cdot I) \quad \text{mit } I = \text{hydraulisches Gefälle (dH/dL)}$$

Sehr häufig wird allerdings noch nach Faustregeln bemessen.

⇒ Faustregeln:

- o) 1 - 2 m²/EGW für C-Abbau bei Vertikalanlagen mit intermittierender Beschickung und sandigem Substrat
- o) 3 - 4 m²/EGW für Nitrifikation bei Vertikalanlagen mit intermittierender Beschickung und sandigem Substrat
- o) 4 m²/EGW für Vertikalanlagen mit Nitrifikation gemäß ÖNORM B 2505 (2005)
- o) 6 m²/EGW für Horizontalanlagen für C-Abbau gemäß ÖNORM B 2505 (2005)

7.2.5 Bauausführung

Der Bodenfilter muß an Sohle und Seitenwänden dicht ausgeführt werden (Dichtungsbahnen, Kunststoffwanne oder Ton mit $k_f < 10^{-7}$ m/s). Das Eindringen von Oberflächenwasser ist zu verhindern. Bei Horizontalbeeten ist die Oberfläche ev. mit einem leichten Gegengefälle zu errichten, um jedenfalls oberflächigen Abfluß zu verhindern. Die Ablaufdrainage ist aus in Drainageschotter verlegten Drainagerohren (DN \geq 100) zu gestalten. Die Zulaufverteilung ist so zu gestalten, daß das mechanisch gereinigte Abwasser gleichmäßig auf die Beetoberfläche (bei Vertikalanlagen) verteilt wird. Die Beetoberfläche ist im Bereich der Auslassöffnungen gegen Erosion (mit Prallplatten) zu schützen. Bei unterirdischer Ausbringung ist prinzipiell ein geringerer Lochabstand zu wählen. Die Bepflanzung sollte mit zumindest 5 Pflanzen/m² erfolgen, um einen möglichst raschen und gleichmäßigen Bewuchs zu sichern.

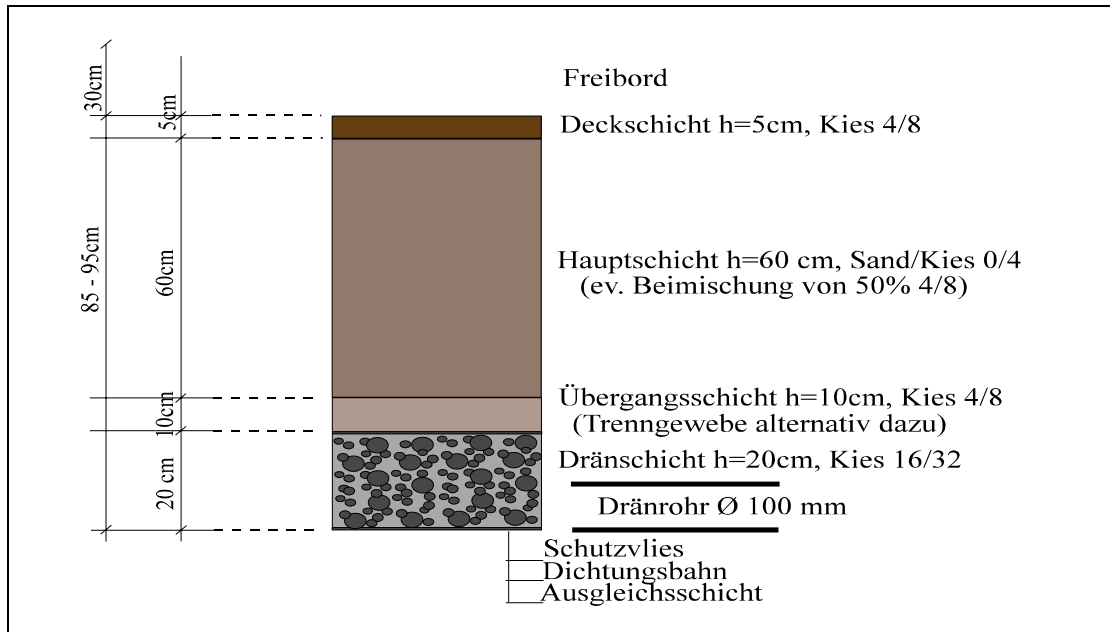
EXTENSIVE VERFAHREN – BEPFLANZTE BODENFILTER (PKA) / 7.2-5

Abb. 7.2-5: Bodenprofil eines vertikal durchströmten bepflanzt Bodenfilter nach ÖNORM B 2505 (2005)

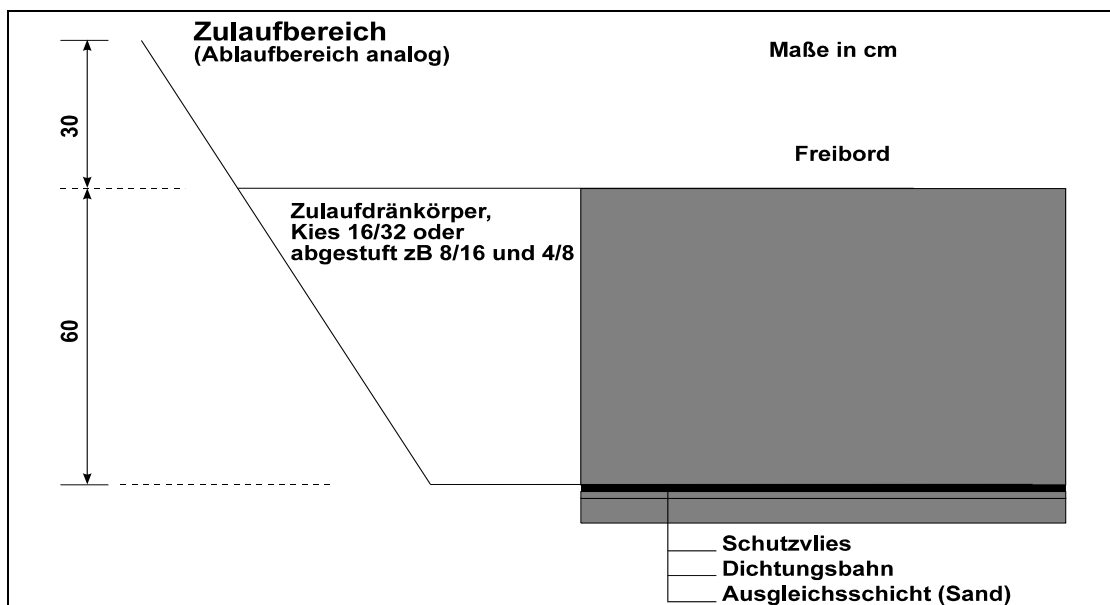


Abb. 7.2-6: Bodenprofil eines horizontal durchströmten bepflanzt Bodenfilter nach ÖNORM B 2505 (2005)

7.2.6 Betriebsgrundsätze

- ⇒ funktionierende Vorreinigung
- ⇒ intermittierende Beschickung bei Vertikalanlagen (4 - 8 Beschickungen/Tag)
- ⇒ alternierender Betrieb bei mehreren Parallelbeeten
- ⇒ gleichmäßige Verteilung auf Beetoberfläche bei Vertikalanlagen
- ⇒ Kontrolle der Verteilleitung im Herbst (Vereisungsgefahr im Winterbetrieb)

EXTENSIVE VERFAHREN – BEPFLANZTE BODENFILTER (PKA) / 7.2-6

7.2.7 Leistung

Tab. 7.2-1: Eliminationsleistungen der Pflanzenkläranlage Wolfers/OÖ - subsurface vertical flow, einstufig, Dimensionierungsbelastung: 40L/m²/d

	CSB		BSB5		NO3-N	NH4-N		Norg		Pges		abf. Stoffe	
	zu	ab	zu	ab	ab	zu	ab	zu	ab	zu	ab	zu	ab
Mittel	436	30	157	2	42	49	1,5	16,3	1,9	9,4	6,2	169	12
Median	375	29	176	2	42	51	0,6	14,4	1,8	9,1	6,0	105	11
Std. Abw.	233	6	82	2	7	13	2,8	6,2	1,2	2,1	1,1	123	5
Eliminat.		93%		99%			97%		88%		34%		93%

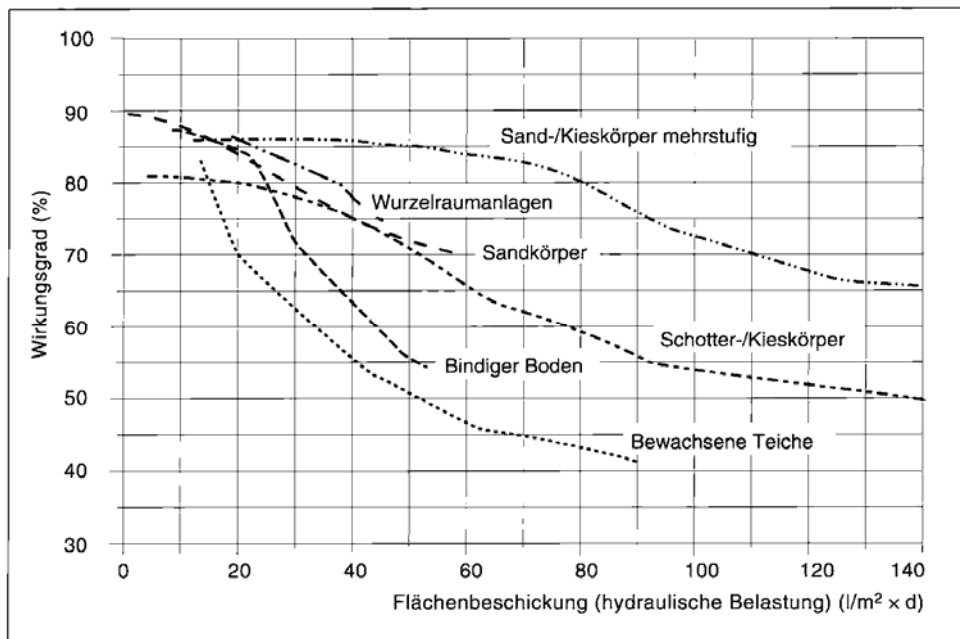


Abb. 7.2-7: Mittlerer CSB - Wirkungsgrad unterschiedlicher Systemvarianten als Funktion der Flächenbeschickung (WISSING, 1995)

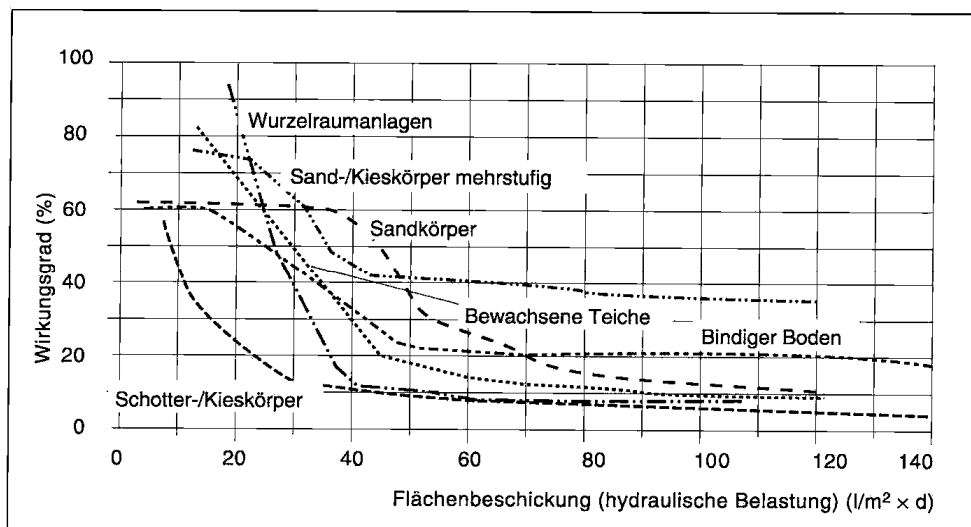


Abb. 7.2-8: Mittlerer Wirkungsgrad der Ammoniumelimination unterschiedlicher Systemvarianten als Funktion der Flächenbeschickung (WISSING, 1995)