



Dr.-Ing. Schreff

Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



**Hochschule
Augsburg** University of
Applied Sciences

Schlammstabilisierung auf kleinen Kläranlagen

Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges

Dr.-Ing. Dieter Schreff



Inhalt

- ▶ Forschungsprojekt HSA – Ingenieurbüro Dr. Schreff im Auftrag des LfU, 2015 - 2016



- ▶ Untersuchung von 15 unterschiedlichen Beispielkläranlagen **ohne Faulung** in ganz Bayern



**Anforderungen an die Schlammstabilisierung bei Kläranlagen;
Vorläufige fachliche Hinweise für die Wasserwirtschaftsämter**
Stand: 20.06.2016

1. Hintergrund

Bei der kommunalen Abwasserbehandlung wurde die Schlammstabilisierung bisher grundsätzlich als einzuhaltendes Verfahrensziel angesehen. Mit zunehmender thermischer Verwertung wird eine obligatorische Stabilisierung des Klärschlammes jedoch vermehrt hinterfragt. Im Rahmen eines vom LfU in Auftrag gegebenen Forschungsvorhabens der Hochschule Augsburg wurde daher der Frage nachgegangen, welche Anforderungen an die Schlammstabilisierung unter diesen Vorzeichen gestellt werden müssen. Dazu wurden 13 ausgewählte Kläranlagen der Größenklasse (GKL) 2, 3 und 4 näher untersucht. Das Vorhaben wurde Anfang des Jahres 2016 abge-

Anforderungen an die Schlammstabilisierung bei Kläranlagen; Vorläufige fachliche Hinweise für die Wasserwirtschaftsämter Stand: 20.06.2016

3. Schlammstabilisierung bei bodenbezogener Klärschlammverwertung

In der Landwirtschaft und im Landschaftsbau darf nach Abfallrecht nur ausreichend anaerob oder aerob stabilisierter Klärschlamm verwertet werden¹. Es bestehen jedoch keine eindeutigen und rechtlich verbindlichen Grenzwerte hinsichtlich des erforderlichen Stabilisierungsgrades. Die verfügbaren Untersuchungsverfahren (Bestimmung des Glühverlusts, TTC-Test, Bestimmung der Atmungsaktivität) sind in der Praxis nach den vorliegenden Erfahrungen oft fehleranfällig oder für kleine Anlagen zu aufwändig. Andererseits kann bei den nachfolgend aufgeführten Abwasserbehandlungsverfahren davon ausgegangen werden, dass dort auch ohne Nachbehand-



¹ AbfällRV in Verbindung mit "Gemeinsame Bekanntmachung zum Vollzug der Klärschlammverordnung der Bayerischen Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten" (1997); diese GemBek wurde 2004 zuletzt geändert und ist am 31.12.2009 außer Kraft getreten, wird jedoch weiterhin als Erkenntnisquelle genutzt.

Inhalt

Gliederung

- Veranlassung
- Rechtliche Anforderungen und technisches Regelwerk
- Erkenntnisse des Forschungsprojektes
„Anforderungen an die Schlammstabilisierung auf Kläranlagen“
- Folgerungen der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung
- Fazit

Veranlassung

- ▶ Anlagen mit aerober Stabilisierung weit verbreitet:
GK 2 und 3 > 50 %, GK 4 etwa 35% (Stand 2014)
- ▶ Anteil thermischer Verwertung von Klärschlamm > 50 %
- ▶ Schlammstabilisierung war bisher grundsätzlich einzuhaltendes Verfahrensziel
- ▶ Zufriedenstellende bis gute Erfahrungen bei kleineren Anlagen
- ▶ Aerobe Stabilisierung wird v.a. in Frage gestellt bei:
 - ▶ thermischer Entsorgung des Schlammes
 - ▶ Forderung nach Energieoptimierung
 - ▶ erforderlicher Erweiterung von Anlagen
- ▶ **Hinweis:** Bei wirtschaftlichem Einsatz einer Faulung ist **kein** Methodenwechsel erforderlich!

Umgang mit nicht-stabilisiertem Schlamm

- ▶ Geruchsbelastung
- ▶ Ggf. schlechte Entwässerbarkeit
- ▶ Arbeitsschutz (Hygiene, ggf. Explosionsgefahr)
- ▶ Aerobe Schlammstabilisierung kostet Strom
- ▶ Treibhausgasemissionen (Klimarelevanz)



Gesetzliche Grundlagen

Rechtlicher Rahmen

- ▶ **Definition** der Schlammstabilisierung ist gesetzlich **nicht eindeutig**
- ▶ Im Wasserrecht werden **keine konkreten Anforderungen** an die Schlammstabilisierung gestellt
- ▶ „**Gemeinsame Bekanntmachung** zum Vollzug der Klärschlammverordnung der Bayerischen Staatsministerien für Landesentwicklung und Umweltfragen sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten“ vom 29. April 1997, außer Kraft seit: 31.12.2009:
In **der Landwirtschaft und im Landschaftsbau** nur Verwertung von **ausreichend stabilisiertem Klärschlamm**

Technisches Regelwerk

- ▶ V.a. **Arbeitsblatt DWA- A 131** „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“ ist maßgebend
- ▶ **Anforderungen** an die Bemessung für das Verfahrensziel aerobe simultane (Schlamm)Stabilisierung:
 - ▶ Bemessung mit **25 Tagen Schlammalter** und **65 % aerobem Anteil** (gemäß Merkblatt DWA-M 368)
 - ▶ Gegebenenfalls reduziertes Schlammalter von **20 Tagen**, wenn eine **Lagerung** des Nassschlammes von mindestens **einem Jahr** erfolgt.
- ▶ **DWA A-222 (25 d); A-226 (20d / 25d):** aerobe Anteile < 50 % **unzulässig!**
- ▶ Schlammstabilisierung für die **Einhaltung der Anforderungswerte** nach AbwV nicht notwendig.
- ▶ **Keine generelle Verpflichtung Belebungsanlagen ohne Faulung auf Schlammstabilisierung auszulegen nach Regelwerk**

Verfahren zur Stabilisierung nach DWA-M 368

Wirkungsweise	Milieu	Konsistenz	Zufuhr von Wärme	Verfahren	Größenbereich Kläranlagen	Anmerkungen
Biologisch	aerob	dünnflüssig	ohne wirksame Selbsterwärmung	Simultane aerobe Stabilisierung	klein bis mittel	mäßiger Stabilisierungsgrad
		eingedickt	Selbsterwärmung	aerob-thermophile Schlammstabilisierung (Flüssigkompostierung)	klein bis mittel	zugleich Desinfektion erreichbar
		entwässert	Selbsterwärmung	Kompostierung in Mieten oder Bio-Reaktoren	klein bis mittel	zugleich Desinfektion erreichbar
	anaerob	eingedickt	ohne Wärmezufuhr	Emscherbecken, unbeheizte Faulbehälter oder anaerobe Teiche	klein	In Deutschland nicht mehr eingesetzt
			mit Wärmezufuhr	beheizte Faulbehälter	klein bis groß	Desinfektion thermophil erreichbar
		entwässert	mit Wärmezufuhr	in gasdichten Behältern	klein bis mittel	noch zu entwickeln
	dual	eingedickt	mit Wärmezufuhr und -rückgewinnung	meist aerob thermophil + anaerob mesophil	mittel bis groß	zugleich Desinfektion erreichbar
Chemisch	aerob oder anaerob	eingedickt	ohne Selbsterwärmung	Zugabe von Kalkmilch	klein	zugleich Desinfektion erreichbar, nur Pseudo-Stabilisierung
		entwässert	mit Selbsterwärmung	Zugabe von Branntkalk	klein	
	aerob	eingedickt	mit Wärmezufuhr	Nassoxidation	groß	zugleich Desinfektion
Thermisch	aerob	entwässert	mit Wärmezufuhr	Trocknung	klein bis groß	nur Pseudo-Stabilisierung zugleich Desinfektion erreichbar

Erforderlicher Stabilisierungsgrad M-368

Tabelle 3: Erforderlicher Stabilisierungsgrad in Abhängigkeit von der Entsorgung

Verwertung oder Beseitigung	Erforderlicher Stabilisierungsgrad
Verwertung in flüssigem Zustand in der Landwirtschaft	bedingt ^{***}) bis hinreichend ^{**}) stabilisiert
Verwertung in entwässertem Zustand in der Landwirtschaft, im Landschaftsbau oder zur Rekultivierung	bedingt ^{***}) bis hinreichend ^{**}) stabilisiert
Zwischenspeicherung in Schlammteichen	hinreichend ^{**}) stabilisiert
Ablagerung in entwässertem Zustand ^{*)}	hinreichend ^{**}) stabilisiert
Verwertung/Ablagerung ^{*)} in getrocknetem Zustand	bedingt ^{***}) bis hinreichend ^{**}) stabilisiert
Beseitigung nach thermischer Behandlung (z. B. Verbrennung oder Vergasung)	vorhergehende biologische Stabilisierung nicht zwingend erforderlich, aber dringend empfohlen

Anmerkungen

*) In Deutschland seit 2005 nicht mehr zulässig.

**) Abbaugrad bezogen auf die leicht abbaubare organische Trockenmasse $\eta_{abb} \geq 80 \%$.

***) gemeinsame aerobe Stabilisierung gemäß Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131; Abbaugrad $\eta_{abb} < 80 \%$.

Nachweis Stabilisierung

Eigenüberwachungsverordnung EÜV

- ▶ Kläranlagen ab 1.000 EW:
1 x Monat: Ermittlung Glühverlust
- ▶ Kläranlagen ab 5.000 EW:
Nachweis der Schlammstabilisierung
nach Leitfaden 2-3 DWA Bayern: 1 x Monat

Geeignete Betriebsmethoden:

- ▶ der vereinfachte TTC-Test als gute Näherungsmethode
- ▶ die Messung der O₂-Atmungsaktivität als exaktere Methode
- ▶ Bestimmung Glühverlust lässt grobe Aussage über den Grad der Schlammstabilisierung zu

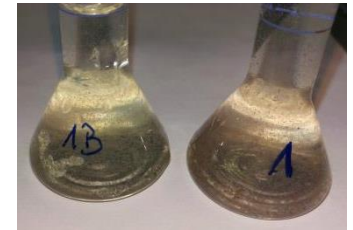
Laboruntersuchungen Beispielanlagen

Glühverlust

- ▶ deutliche Beeinflussung durch Vorklärung, Fällmittel, mineralische Stoffe im Zulauf, Abwasserzusammensetzung, Sandfang

TTC-Test

- ▶ Bewertet die Enzymaktivität der Schlammprobe
- ▶ Subjektiver Parameter durch Beurteilung Farbumschlag



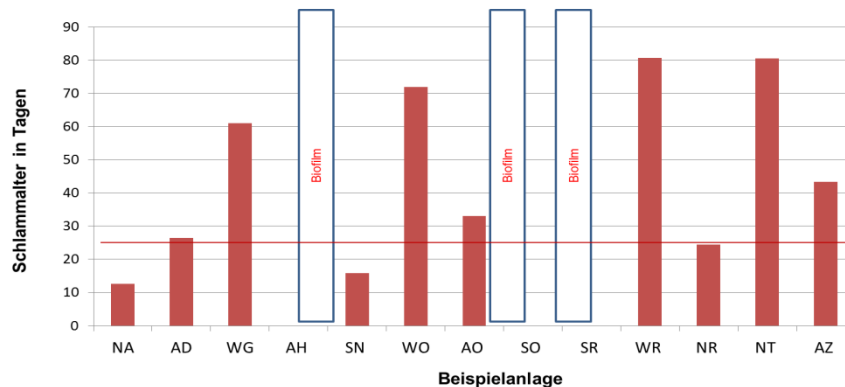
Atmungsaktivität

- ▶ Zeigt durch die Sauerstoffzehrung die biologische Aktivität im Schlamm
- ▶ Belebtschlamm wird hier meist als nicht stabilisiert eingestuft
- ▶ Die meisten Proben aus dem SSB werden als ausreichend stabilisiert eingestuft

- ❖ Relativ schlechter Stabilisierungsgrad der Anlagen
- ❖ Schlechte Übereinstimmung der Stabilisierungsparameter
- ❖ Gute Stabilisierung: Faulschlammprobe und primärschlammhaltige Probe

Aerobes Schlammalter

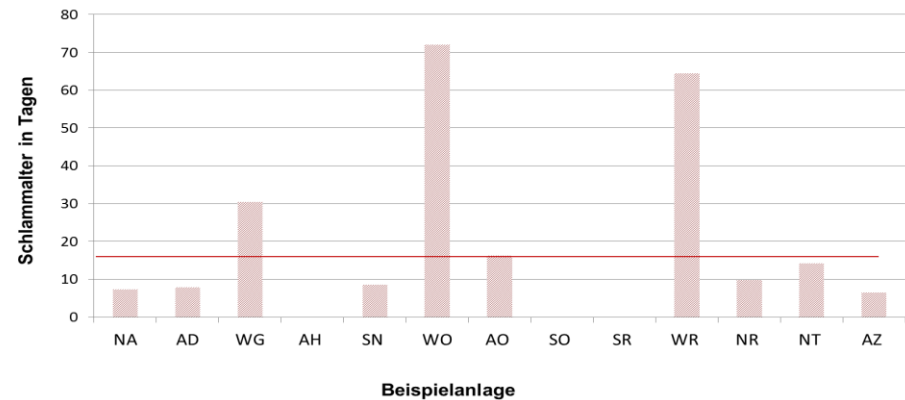
IST-Schlammalter tTS (d) (Median)



→ Bereits jetzt stabilisieren viele Anlagen auf Grund zu geringer aerober Schlammalter nicht!

- ▶ Gesamtschlammalter \neq aerober Schlammalter
- ▶ Entscheidend für Stabilisierung, N-Elimination, Schlammeigenschaften (ISV).
- ▶ Durch Energiesparkonzepte wird das aerobe Schlammalter deutlich unter 65 % gedrückt.

Aerobes IST-Schlammalter tTS (d)



Geruchsemissionen

- ▶ Gewisse Geruchsbelastung bei Umgang mit Schlamm **unvermeidlich**.
- ▶ Ausstrippung von Gas sobald Schlamm in Bewegung kommt (Rühren, Überfälle).
- ▶ Gegenmaßnahme: Schlammdecke („Tomatendecke“) oder Trübwasserdecke.
- ▶ Geruchsemissionen abhängig von **Wetterlage** und Topographie.
- ▶ Auch Faulschlamm hat erhebliches Geruchspotential (→ HAc!).
- ▶ **Stabilisierung**: evtl. Unterschied in Geruchsnote – nicht in Geruchsintensität!
- ▶ Fette verschärfen Geruchsproblematik.
- ▶ Gewerbeabwasser hat u.U. erheblichen Einfluss, aber schon auf die **Abwasserschiene**!



Arbeitsschutz / Hygiene

- ▶ Eine besondere Gefährdung beim Umgang von teilstabilisiertem Schlamm konnte im Rahmen der Studie nicht belegt werden.
- ▶ Im Rahmen von orientierenden mikrobiologischen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass das Schlammalter der Anlagen keinen signifikanten Einfluss auf die Keimbelastung hatte.
- ▶ Auch Faulschlamm aus einer mesophilen Faulung wies eine vergleichbare Belastung auf. Im Fall des anaeroben Organismus *Clostridium perfringens* wurde im Faulschlamm sogar die höchsten Werte gemessen.
- ▶ Deutlich erhöhte Werte für fast alle mikrobiologischen Parameter wurden für Primärschlamm und primärschlammhaltige Gemische nachgewiesen.

Klimarelevanz

- ▶ Insgesamt tragen kommunale Kläranlagen nur **0,4 %** zum gesamten CO₂-Haushalt Deutschlands bei (etwa 10 t/(EW*a))
- ▶ Indirekte CO₂-Emissionen 21 kgCO₂/(EW*a); CH₄/N₂O: 21 kgCO_{2e}/(EW*a)
- ▶ Fahrstrecke im modernen Mittelklassewagen: 100 km z 13 kgCO₂
- ▶ Evtl. höhere Methan-Emissionen im Kanalnetz als auf der Kläranlage
- ▶ Erhöhte Emissionen durch teilstabilisierte Schlämme im Schlammstapelbehälter um maximal 15 % ggü. Vollstabilisierung
- ▶ Unterschiede durch Entsorgungswege z.T. bedeutender als durch den Stabilisierungsgrad
- ▶ Klimabilanz Modellkläranlage 50.000 EW (TU Wien): kaum Unterschiede zwischen aerober und anaerober Stabilisierung durch:
Gutschrift Stromerzeugung, Strombedarf VK und Faulung, Methanverluste VK und FB, Schlupf BHKW; Rückbelastung, ggfs. Kühlung im Sommer

Erkenntnisse der Ortstermine

- ▶ Sichere Einhaltung der **Ablaufgrenzwerte** auch ohne Stabilisierung möglich
- ▶ Stabilisierungsparameter haben **keine Relevanz** für Anlagenbetreiber oder Entsorger
- ▶ **Entsorgung** von (teil-)stabilisiertem Schlamm auf Beispielanlagen unkritisch
- ▶ Keine deutlich erhöhten **Geruchsprobleme**
- ▶ Keine nennenswerten Probleme bei der **Entwässerung**
- ▶ Vorklärung für alle **Biofilmanlagen** zwingend erforderlich (Primärschlamm!).
- ▶ Entsorgung PS/ÜS-Gemisch problemfrei
- ▶ i.d.R. **kein direkter Kontakt** zu Abwasser und Schlamm
- ▶ Oftmals sehr geringe **aerobe Schlammalter**
- ▶ **Personelle Besetzung und Qualifikation** sehr unterschiedlich
→ Betriebsstabilität für kleinere Anlagen von großer Bedeutung!

Zusammenfassung der betrieblichen Aspekte

- ▶ Aufgrund der relativ geringen Unterschiede sind die klimarelevanten Emissionen nicht als vorrangiges Entscheidungskriterium für die Wahl des Abwasserbehandlungsverfahrens hervorgetreten.
- ▶ Der Stabilisierungsgrad hat nur einen untergeordneten Einfluss auf die Entwässerbarkeit.
- ▶ Teilstabilisierter Klärschlamm führt im Vergleich mit stabilisiertem Schlamm nicht zwangsläufig zu auffälligen Geruchsemissionen.
- ▶ Auf den untersuchten Anlagen wird vom Betriebspersonal beim Umgang mit stabilisiertem Klärschlamm, teilstabilisiertem Schlamm oder Abwasser nicht unterschieden.
- ▶ Abgedeckte Speicher nur in Sonderfällen mit entsprechender Ausstattung/Ausführung

Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung

Schlussfolgerungen der
bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung (1/2):

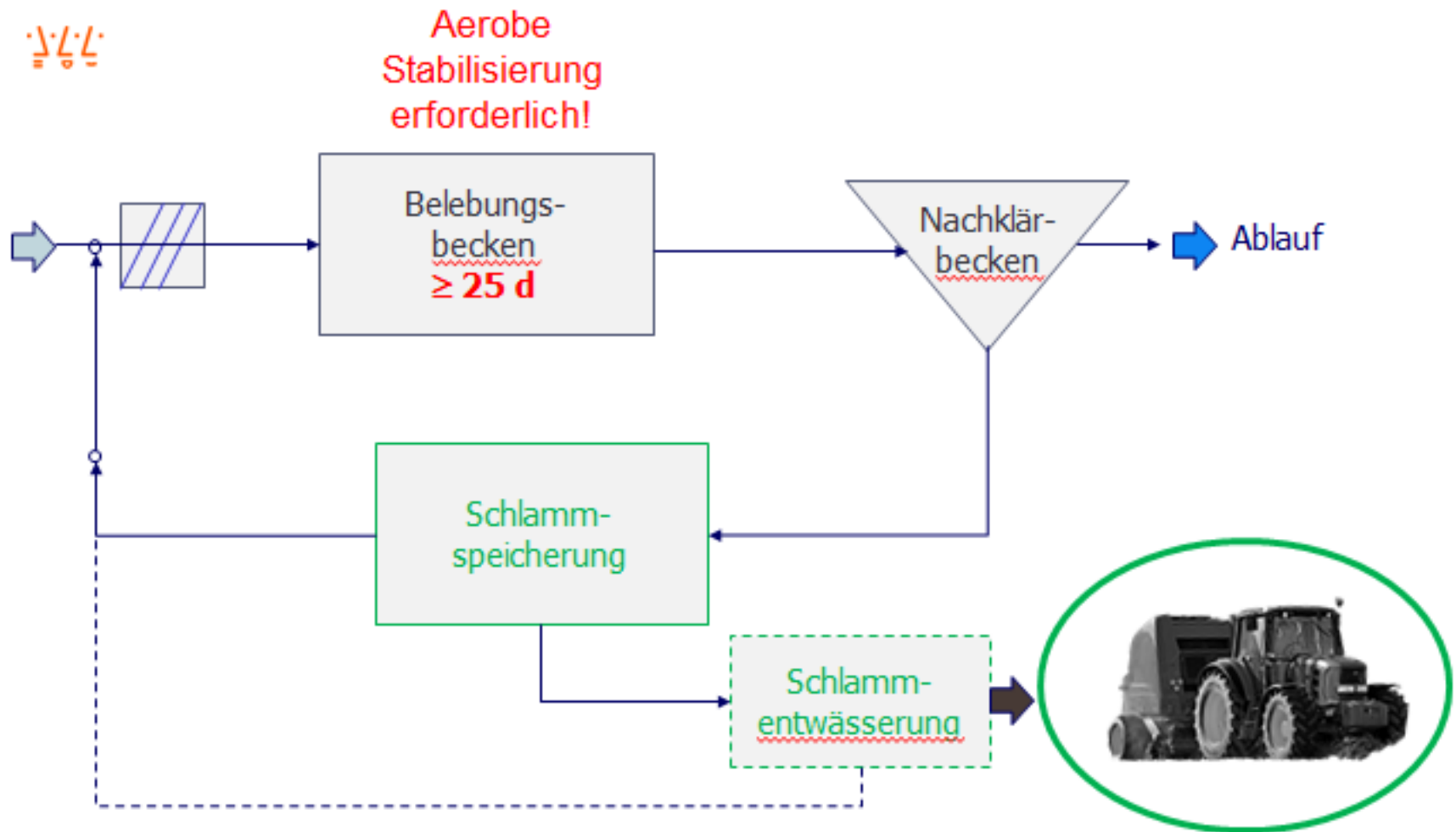
- ▶ **Schlammstabilisierung nicht notwendig** zur Einhaltung der bescheidsgemäßen Ablaufwerte, zur Schlammentwässerung, für den Transport und die thermische Verwertung
- ▶ Bei **landschaftlicher oder landschaftsbaulicher** Verwertung ist **Stabilisierung** weiterhin erforderlich!
- ▶ Wird Klärschlamm **dauerhaft und ausschließlich thermisch** verwertet, entfällt die abfallrechtliche Verpflichtung zur Stabilisierung.
- ▶ **Moderate** Absenkung des Schlammalters (< 25d) ist möglich.
- ▶ Einhaltung v.a. des aeroben Schlammalters muss im Betrieb besondere Beachtung geschenkt werden - Anpassung Gebläseregelung

Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung

Schlussfolgerungen der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung (2/2):

- ▶ Belebungsbeckenvolumen und die Belüftung müssen mindestens auf **Nitrifikation und gezielter Denitrifikation** bemessen werden. Das hierfür notwendige Mindestschlammalter gemäß Arbeitsblatt DWA -A 131 darf, unabhängig von den tatsächlichen wasserwirtschaftlichen Anforderungen, nicht unterschritten werden!
- ▶ Belebungsanlagen **GK 1**: Einhaltung Schlammalter von **25 d** (analog A 222) unabhängig vom Klärschlammmentsorgungsweg
- ▶ Bei Lohnentwässerung ist ein Zentralspeicher erforderlich.
- ▶ Feinrechen werden dringend empfohlen.
- ▶ Verwertung von Schlamm in „fremder Faulung“ i.d.R. nur sinnvoll bei :
 - ▶ ausreichendem Faulgasgewinn
 - ▶ geringen Transportstrecken

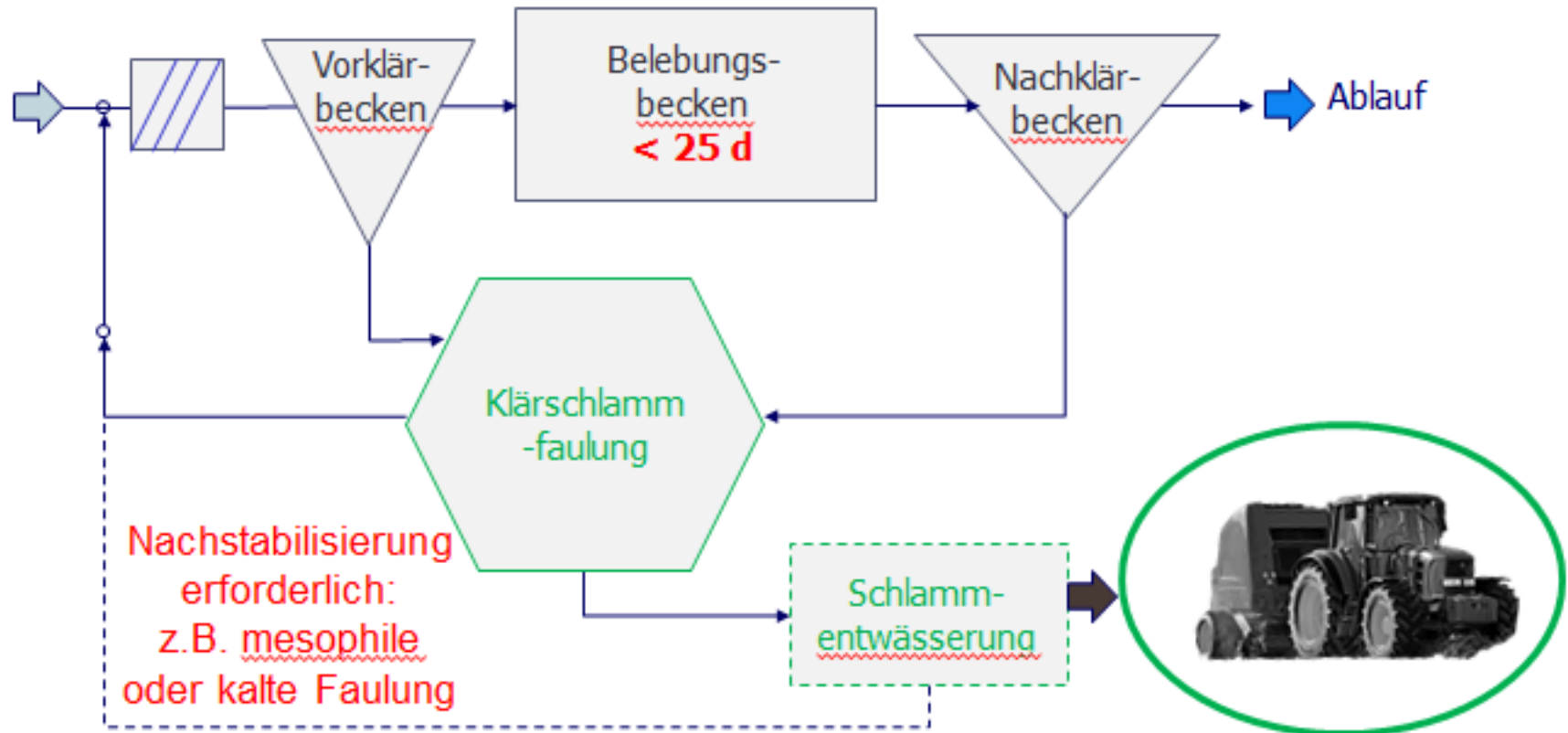
Bodenbezogene Verwertung (1)



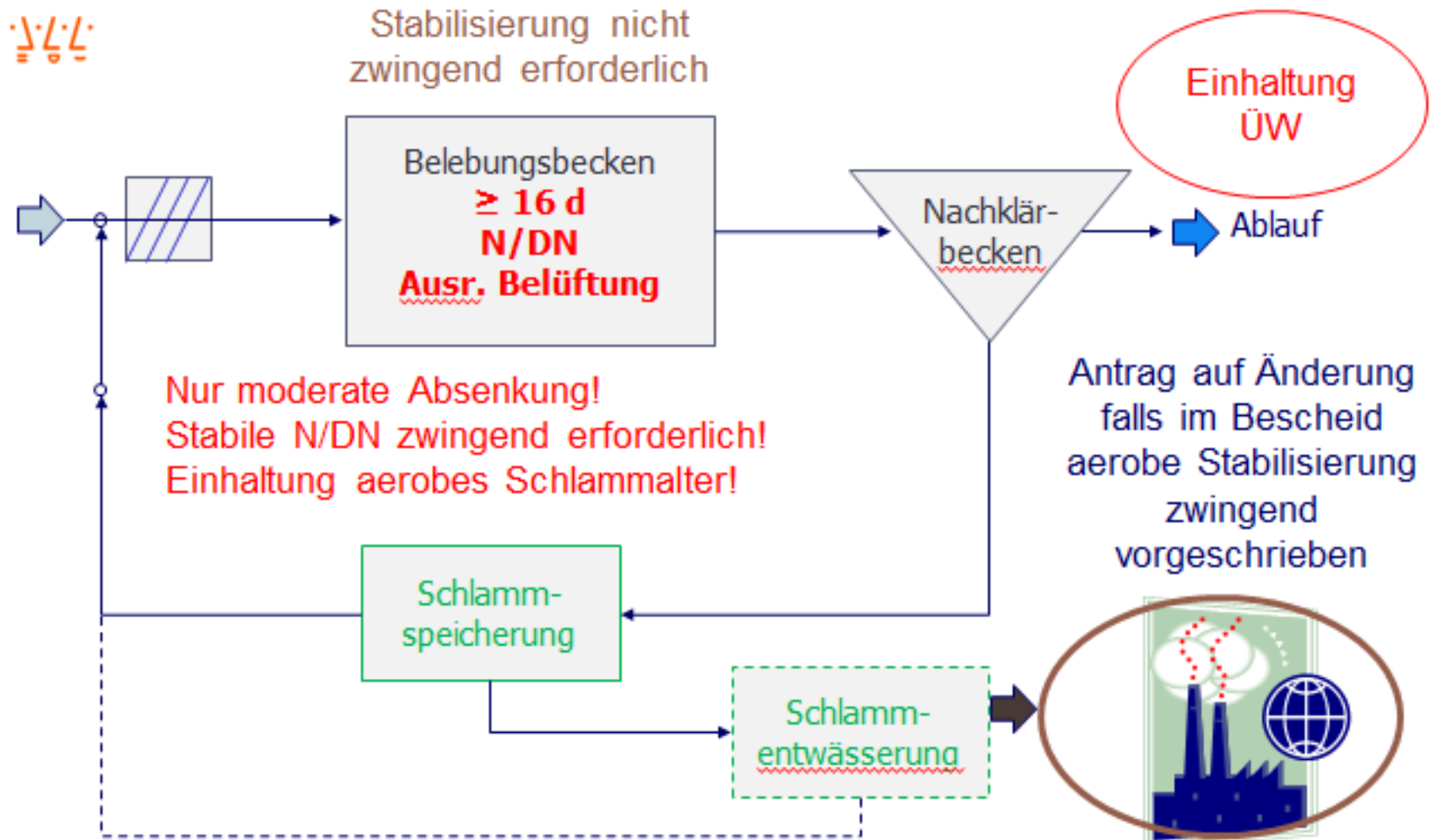
Bodenbezogene Verwertung (2)



Nur moderate Absenkung!
Stabile N/DN zwingend erforderlich!
Einhaltung aerobes Schlammalter!



Dauerhafte thermische Verwertung



Fazit

- ▶ **Definition** und Nachweis „Schlammstabilisierung“ nicht eindeutig
- ▶ Durch **Regelung der Gebläse** wird bereits jetzt oftmals durch zu geringes aerobes Schlammalter keine Stabilisierung erreicht ($t_{TS,aerob} < 20$ d)
- ▶ **Biofilmanlagen**: durch Primärschlammanateile i.d.R. nicht stabilisierter Schlamm
- ▶ Ursprüngliche **Bedenken** hinsichtlich Treibhausgasemissionen, Geruchsbelastung, Entwässerbarkeit und Arbeitsschutz wurden **nicht bestätigt**
- ▶ Aus dem technischen Regelwerk lässt sich eine grundsätzliche Verpflichtung zur Schlammstabilisierung nicht ableiten
- ▶ Bei Kläranlagen, deren Klärschlamm **dauerhaft und ausschließlich** thermisch verwertet werden soll, entfällt die abfallrechtliche Verpflichtung zur Stabilisierung
- ▶ Es können derzeit nur Aussagen über eine **moderate Absenkung des Schlammalters** getroffen werden → Einhaltung **aerobes Schlammalter** wichtig!
→ **Hydraulik** muss geprüft werden!
- ▶ **Aerobe Stabilisierung** bleibt möglich
- ▶ Bei **Neubau** wird ein **Schlammalter ≥ 25 d** dringend empfohlen (Zukunftsreserven).
- ▶ Weiterer Forschungsbedarf zu dieser Thematik ...



Dr.-Ing. Schreff

Ingenieurbüro für Wasser, Abwasser und Energie



**Hochschule
Augsburg** University of
Applied Sciences

Schlammstabilisierung auf kleinen Kläranlagen

Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges
Dr.-Ing. Dieter Schreff

Vielen Dank für die
Förderung des Projektes:

Bayerisches Landesamt für
Umwelt

