

# Statusseminar - Hannover

## Abwasserteiche – Bemessung des Unberechenbaren

*Prof. K.-U. Rudolph, Sebastian Weil*

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**NaWaM**

Nachhaltiges Wassermanagement



- **Wissenschaftliche Leitung & Koordination Unterverbund**



- **Industriepartner**



- **assoziierter Industriepartner**



- **Permanente (halbtechnische) Versuchsanlagen**



Belüftete und  
unbelüftete  
Abwasserteiche Sevilla



Symbiotische  
Algen-  
Bakterien-Teiche

## 1. Warum Abwasserteiche?

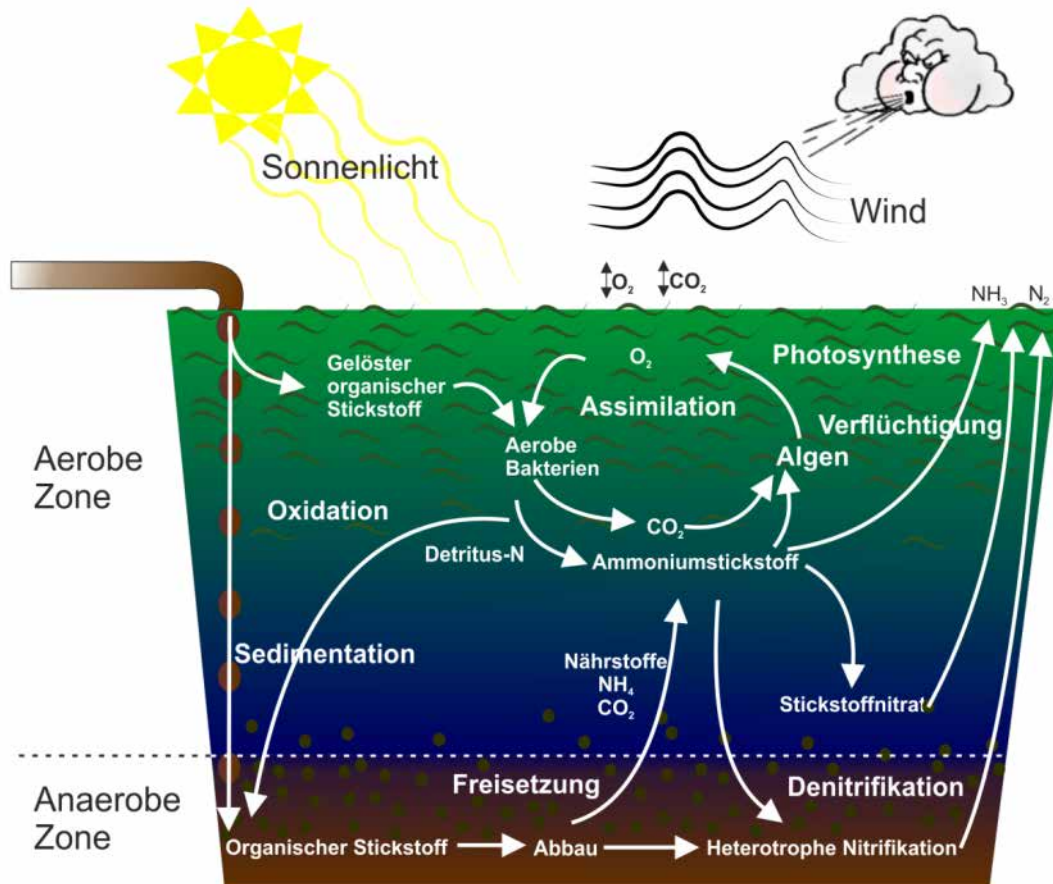
Abwasserteichanlagen stellen aufgrund der **günstigen Baukosten**, des **geringen Energiebedarfes** und der **vergleichsweise niedrigen Anforderungen an den Betrieb** weltweit einen Großteil aller Kläranlagen und sind vor allem für Schwellen- und Entwicklungsländer unverzichtbar, auch für **große Anlagen**.



Abwasserteichanlage Ho Chi Minh City, Vietnam



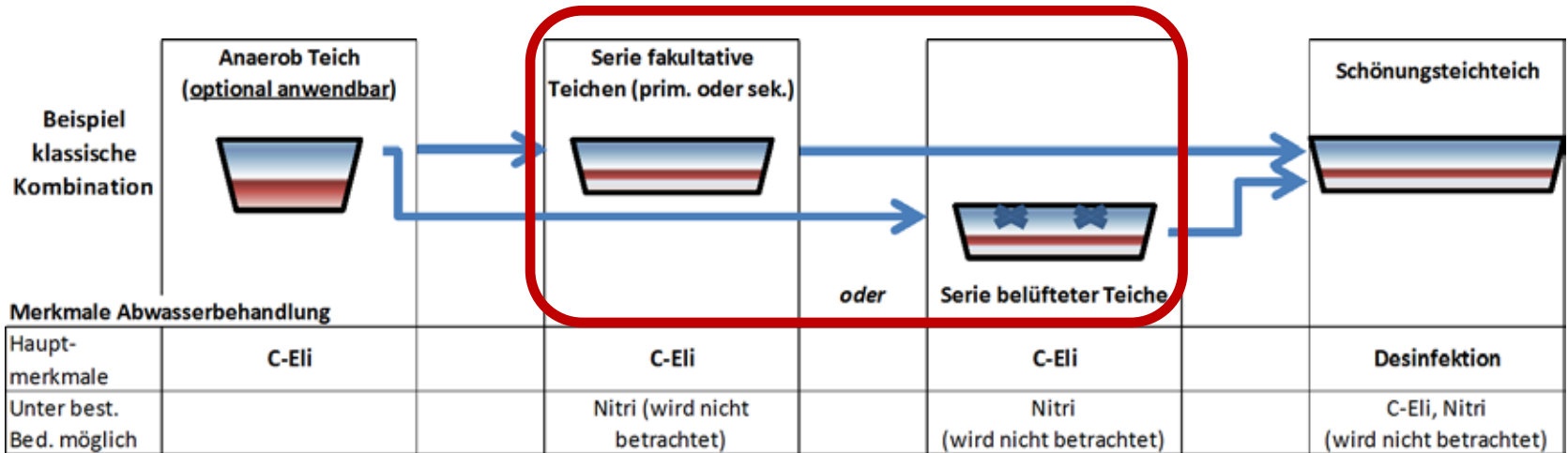
## 2. Grenzen der naturwissenschaftlich-kausalen Berechenbarkeit



Wind und Sonne haben weitaus größeren Einfluss auf den Abwasser-Reinigungsprozess als bei kompakten Anlagen.

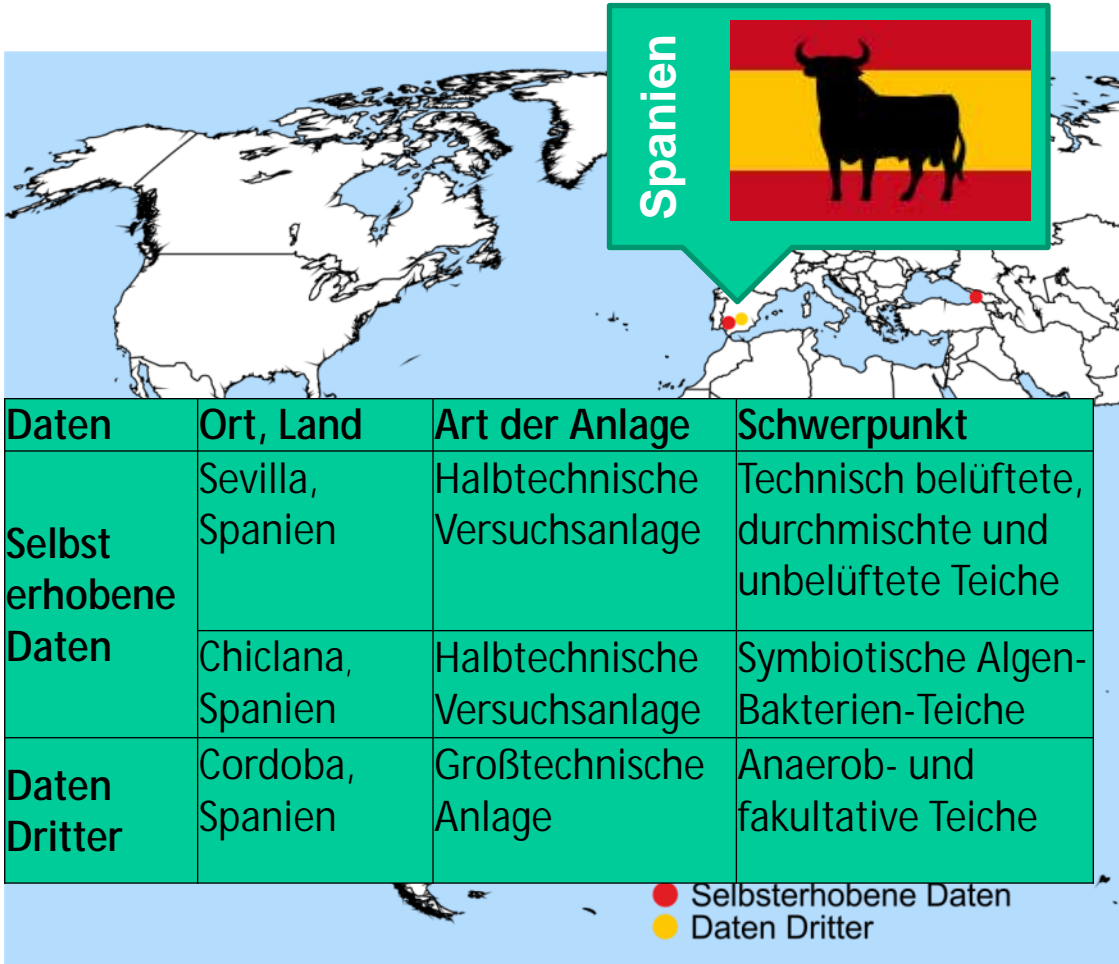
Abwasserteichanlagen zeichnen sich durch eine komplexe Biozönose aus, die sowohl aus Mikro- als auch Makrolebewesen besteht.

## 2. Grenzen der naturwissenschaftlich-kausalen Berechenbarkeit



Prozess	Anaerob Teich	Fakultativer Teich	Belüfteter Teich	Schönungsteich
(1) Sedimentation	X	O	O	X
(2) Assimilation	$O_{T, SR}$	$X_{T, SR}$	$X_{T, SR}$	$O_{T, SR}$
(3) Abbau/Umbau	$X_T$	$X_T$	$X_T$	$O_T$
(4) Photosynthese	-	$O_{SR}$	-	$X_{SR}$

X: Vorherrschender Prozess; O: gering bis mittel ausgeprägt; -: nicht stattfindend  
 T: Temperaturabhängig; SR: Abhängig von natürlicher Sonnenstrahlung (Solar Radiation)



Daten	Ort, Land	Art der Anlage	Schwerpunkt
Selbst erhobene Daten	Entebbe & Jinja, Uganda	Großtechnische Anlagen	Anaerob- und fakultative Teiche
	Kisumu, Kenia	Großtechnische Anlage	Anaerob- und fakultative Teiche
Daten Dritter	versch. Städte Uganda	21 großtechnische Anlagen	Anaerob- und fakultative Teiche

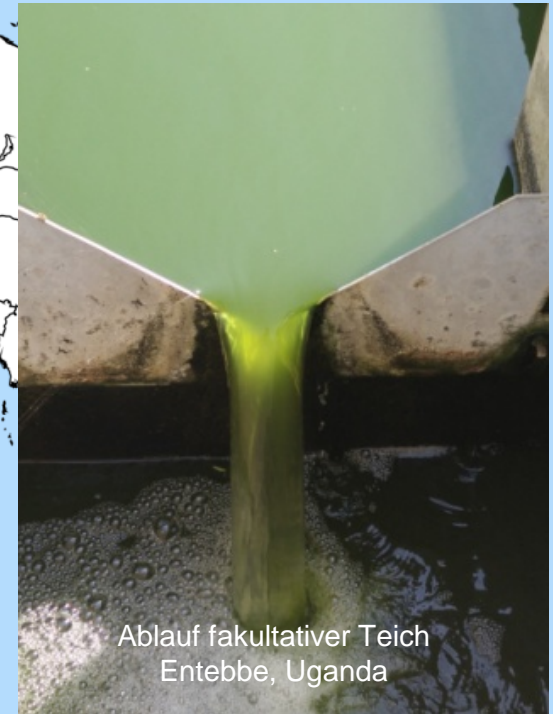
Uganda



Kenia



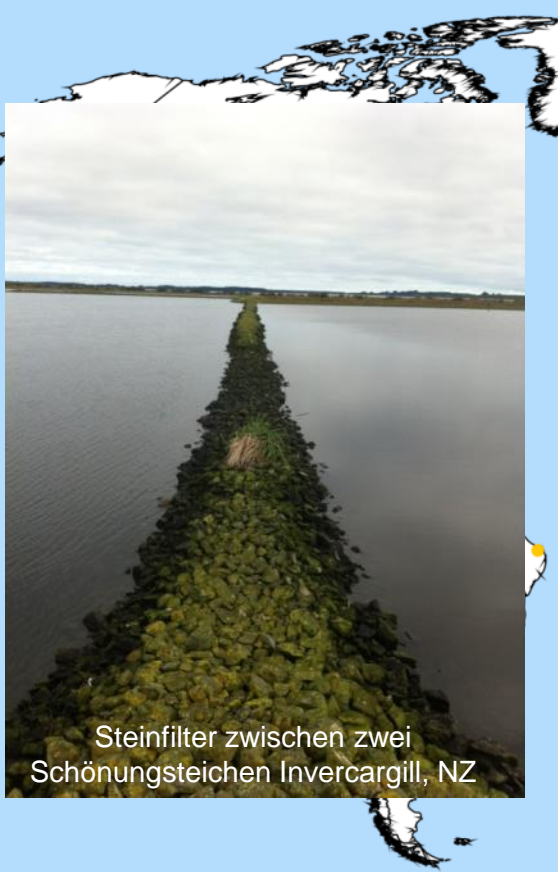
Anaerobteich Entebbe, Uganda



Ablauf fakultativer Teich Entebbe, Uganda

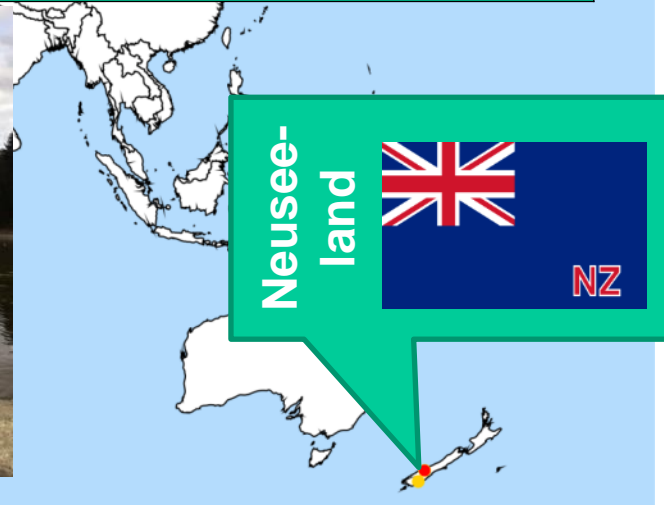
- Selbsterhobene Daten
- Daten Dritter





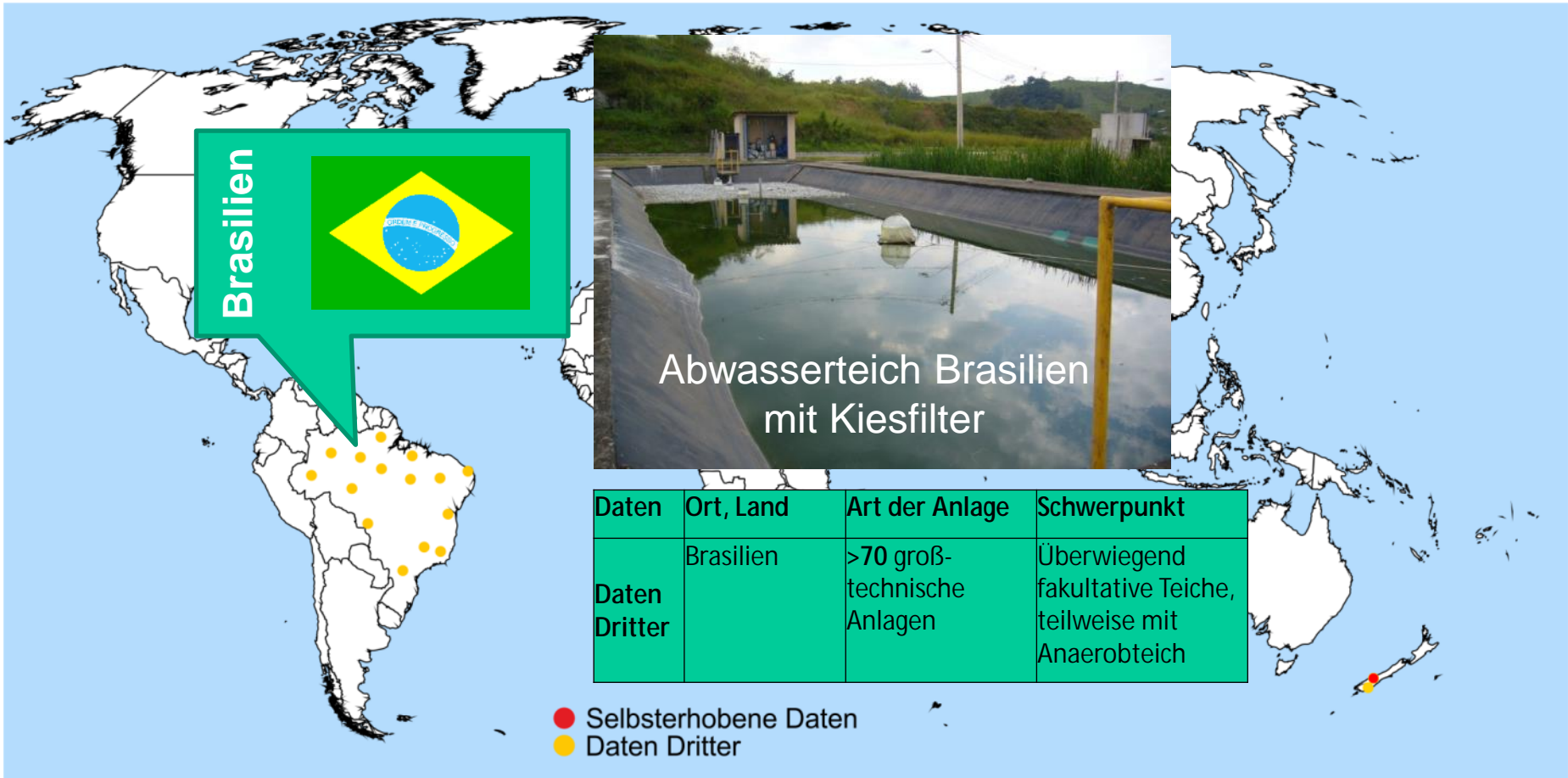
Daten	Ort, Land	Art der Anlage	Schwerpunkt
Daten Dritter und selbst erhobene*	Invercargill, Queenstown, Neuseeland	Großtechnische Anlagen	Anaerob-, Fakultativ- und Schönungs-Teiche (Kaltes Klima)

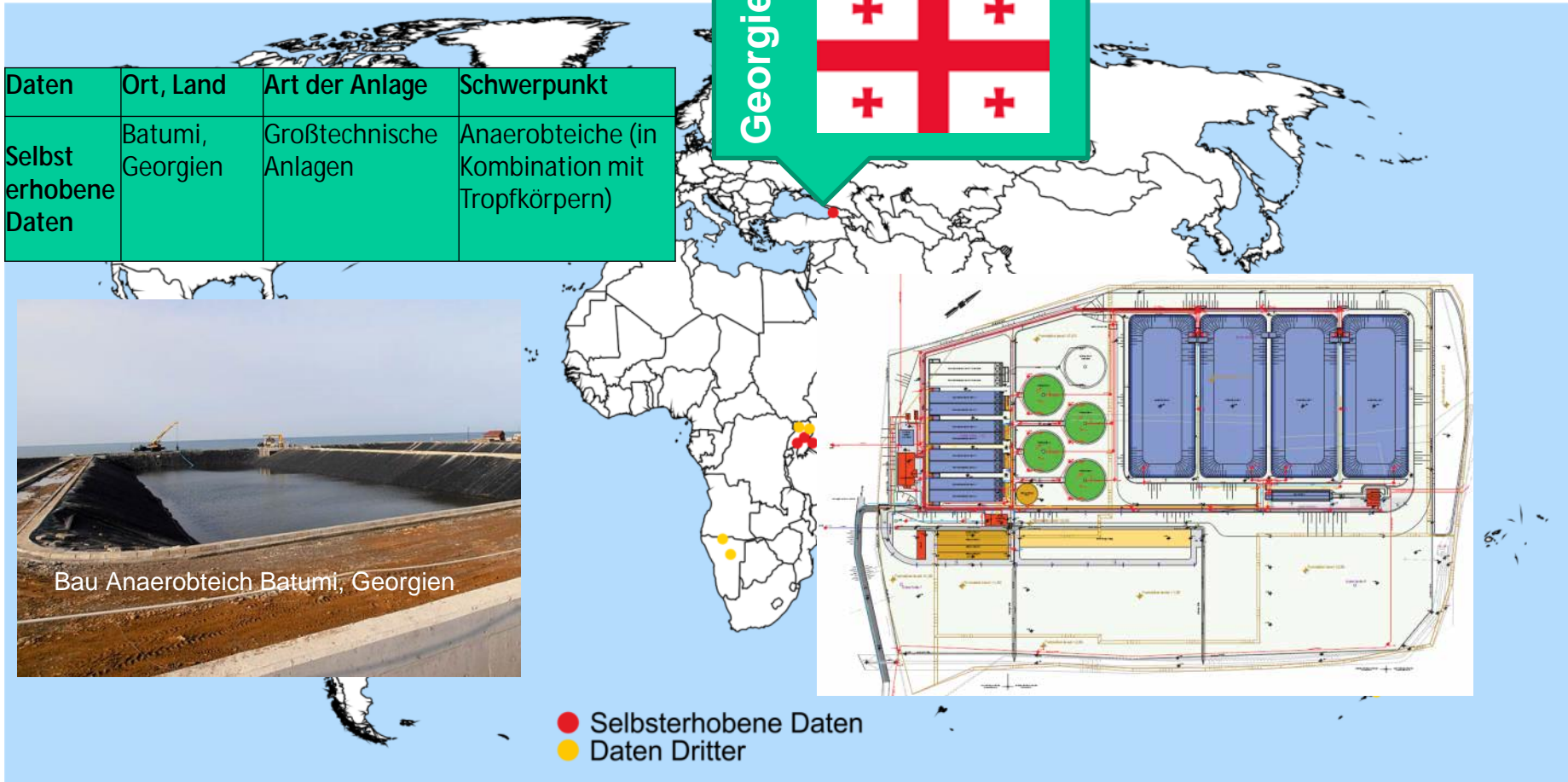
\*Plausibilitätscheck ; Komplettierung nur in wenigen Fällen erforderlich



- Selbsterhobene Daten
- Daten Dritter









Rehabilitierungswürdige Teichanlage Outapi,  
Namibia

Daten	Ort, Land	Art der Anlage	Schwerpunkt
Daten bzw. Infor- mationen Dritter	Windhoek, Outapi, Namibia	Großtechnische Anlagen	Anaerob- und fakultative Teiche



- Selbsterhobene Daten
- Daten Dritter



## 5. Notwendigkeit der Weiterentwicklung bestehender Bemessungsansätze

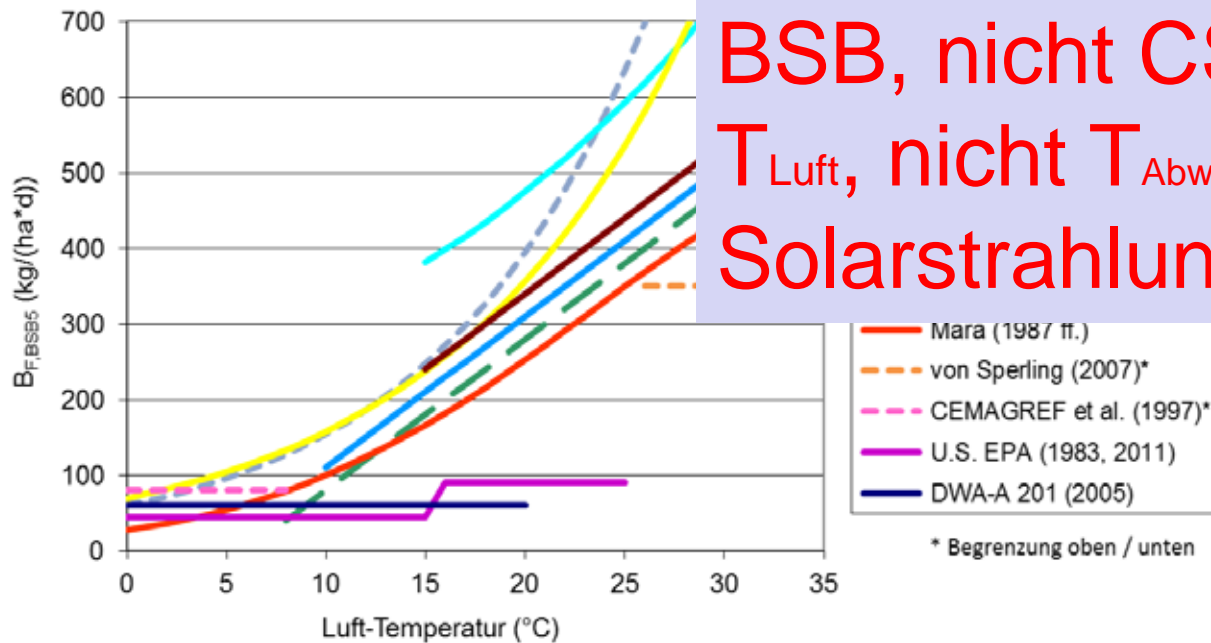
Autor	Bemessungsansatz
DWA - A 201	Nicht Temperatur bezogen
Mc Garry und Pescod (1970)	$B_{F,B}$
Mara (1976)	$B_{F,B}$
Mara (1987 ff.)	$B_{F,B}$
Arthur (1983)	$B_{F,B}$
Yanez (2000)	$B_{F,B}$

**Bislang verwendete Bemessungsformeln:**

**BSB, nicht CSB**

**$T_{Luft}$ , nicht  $T_{Abwasser}$**

**Solarstrahlung n.b.**



Quelle: Anwendung u  
Abwasserteichsystem  
Kontext, Fuhrmann, 2011

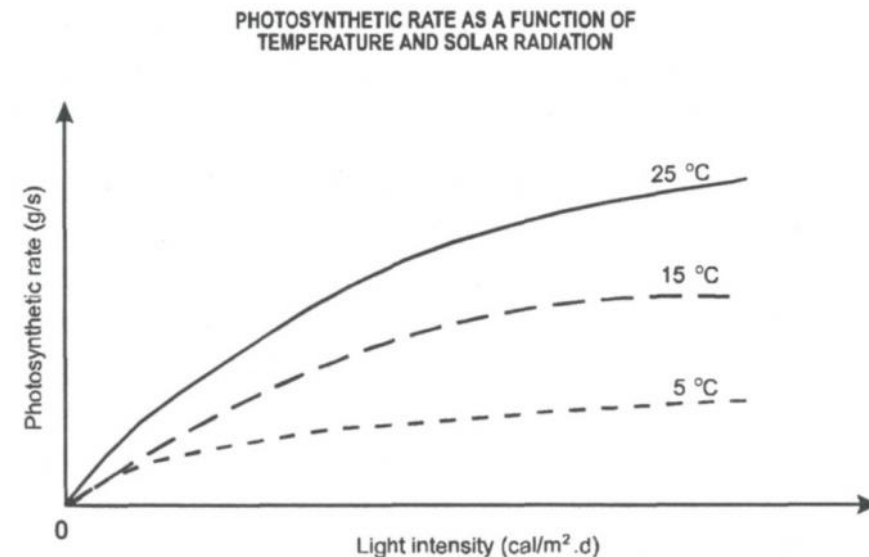
## 6. Erweiterte Bemessungsansätze („in statu nascendi“)

$$B_{A,CSB} = 615 * (1,125 - 0,0023 * T_W)^{(T_W-25)*FS}$$

Modifiziert nach Mara '87

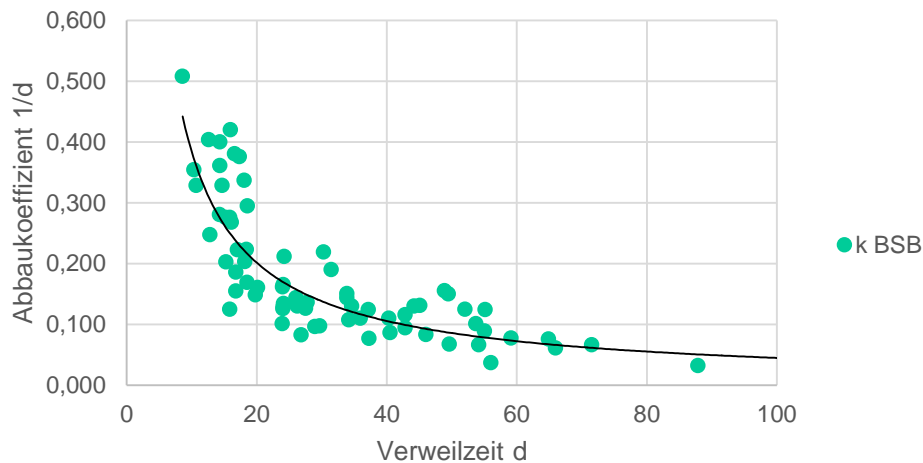
mit **FS**: Faktor für spezifische Solarstrahlung

Geometrie	Kurzzeichen	Einheit	Empfehlung
Tiefe Teich	h	m	wählbar, typisch 1,5– 2 m
ggf. Anzahl Teiche	n	-	wählbar, abhängig von Gesamtgröße
Freibord		m	wählbar, typisch 0,5 - 1 m
Verhältnis Länge / Breite	L:B	-	wählbar, typisch 2:1 – 3:1
Böschungsneigung	m	1:m	wählbar, typisch 1:3

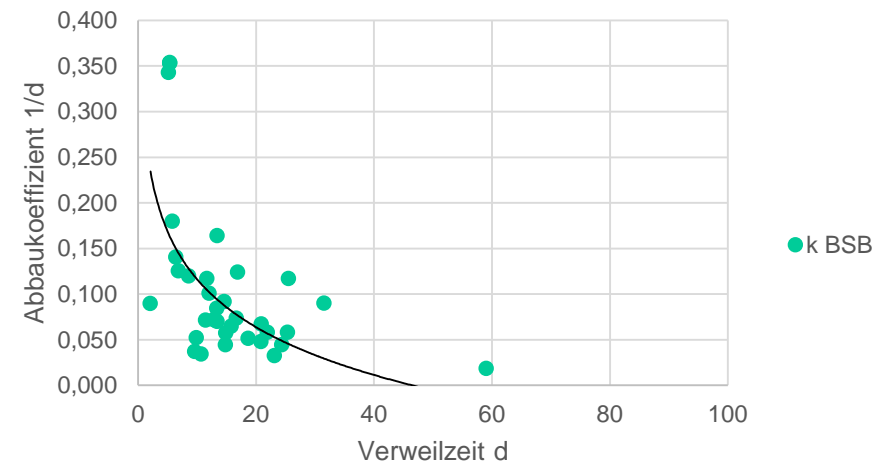


- Unterdimensionierung führt zu Fehlfunktion (trivial)
- **Überdimensionierung bringt bei unbelüfteten Teichen i.d.R. kaum bessere Reinigungsergebnisse!**

Primär: Abbaukoeffizient vs Verweilzeit



Sekundär: Abbaukoeffizient vs Verweilzeit





## 6. Erweiterte Bemessungsansätze

Anzahl belüftete Stufen	CSB, Zulauf KA (mg/l)	CSB, Ablauf (mg/l)
1	< 600	< 150
2	< 600	< 110
3	600 – 1.200	< 110

Neu:  
CSB  
 $T_w$   
 $k_1$   
 $k_2$

$$B_{R, CSB} = 33,6 * e^{0,0347 * T_w} * k_1 * k_2$$

Einflussfaktoren	Kurzzeichen	Einheit	Faktoren
Faktor für die Berücksichtigung der Anzahl der belüfteten Stufen	$k_1$	-	$k_1$ : = 0,6 für 1 Stufe 1,0 für 2 Stufen 1,2 für 3 Stufen
Faktor für die Berücksichtigung der Rauigkeit der Böschung	$k_2$	-	$k_2$ : = 0,8 für Folien Dichtung 1,0 für natürliche Dichtung 1,2 für rauen Belag wie Schotter oder Vlies

Größe	Kurzzeichen	Einheit	Empfehlung
Tiefe	$H_b$	m	2,5 – 4 m
Freibord		m	0,5 m

## 7. Verbesserung konventioneller Anwendungen

Ähnlich wie bei Kompaktanlagen finden sich in der Praxis viele Optimierungsansätze, am häufigsten betreffend Hydraulik, Umwälzung und Belüftung.



Foto: ILF, Beratende Ingenieure



Belüftete Abwasserteiche, Korca, Albanien      Unbelüftete Abwasserteiche Puno †, Peru

Einen wegen betrieblicher Mängel oder Bemessungs-/Planungs-Fehlern nicht funktionierenden Abwasserteich durch eine (dann i.d.R. ebenso nicht funktionierende) Kompaktanlage zu ersetzen macht im Allgemeinen wenig Sinn.

## 8. Algenteiche und Biogas



Algenteiche Christchurch †, NZ  
(inzwischen durch Erdbeben zerstört)



Abgedeckte Teiche zur Gasfassung in  
Warraby/Melbourne, Australien

Aktuell gibt es wieder viele FuE-Vorhaben mit Algen-Biologie in Abwasserteichen v. a. in Neuseeland, Kalifornien, Australien, früher Südafrika, aber auch in der EU (AllGas ES).

Für Anaerobteiche lässt sich eine Abdeckung und Biogas-Nutzung mit moderner Technik wirtschaftlich und klimafreundlich realisieren,.



## 9. Hybridverfahren (Rücklauf-Bioschlamm und Algen)



Versuchsanlage symbiotische Algen-Bakterien-Teiche, Chiclana, Spanien

è Weitere Hybridverfahren: PETRO, CWSBR, sZK<sub>m</sub>LF....

SBR, TK, BF, MBR zumeist als Kombinationen, selten als Hybridverfahren

- Ø Wo es Platz und Sonne gibt, sind AT robuster und wirtschaftlicher (auch bei längerem Stromausfall)
- Ø Fokus auf Schwellen- und Entwicklungsländer (wo „Feinplanung“ wg. Prognoseunsicherheiten etc. ohnehin nicht „passt“)
- Ø AT (ggf. mit Nachbehandlung) Re-Use-geeignet (i. a. relativ geringe Keimbelastung, z.B. Helmintheneier)
- Ø Weitergehende Reinigung mit Algenteichen in warmem Klima oder saisonal möglich, oder auch mit Nachreinigung (N, P, FC)
- Ø Bemessung von AT = „Berechnung der Fläche“  
è Korrelation anstatt Kausalität
- Ø Bemessungsformeln erweitert um Faktoren
- Ø Weiter-Entwicklungs-Potenzial durch die  
Steuerungstechnik
- Ø Stufenausbaukonzepte mit Verfahrenskombinationen  
Wachstumsregionen (FB, TK, BF, BA, S)











# „Abwasserteiche vs. Kompaktanlagen“ Theorie & Praxis





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

*Prof. K.-U. Rudolph, Sebastian Weil*

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**NaWaM**

Nachhaltiges Wassermanagement

