

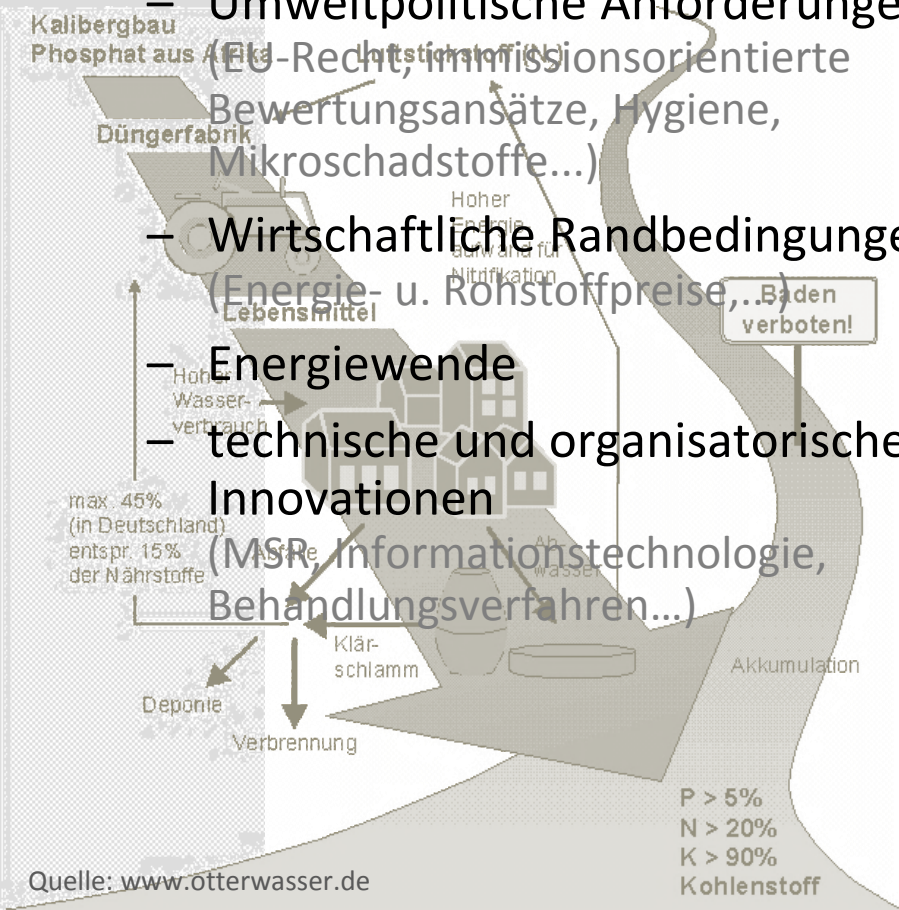
Optimale Strategien für einen Systemwandel in der Siedlungsentwässerung

Inka Kaufmann Alves

- **Systemwandel gestalten**
 - Von der Abwasserentsorgung zur Abwasserbewirtschaftung
- **Entwicklung von Strategien**
 - Erfordernis methodisches Vorgehen
 - Entwicklung eines mathematischen Optimierungsmodells für die Systemumgestaltung
 - Anwendung an einem realen Einzugsgebiet
 - Ergebnisse und Diskussion
- **Fazit und Ausblick**

■ Herausforderungen

- Demografischer Wandel
- Klimawandel
- Umweltpolitische Anforderungen (EU-Recht, Immissionsorientierte Bewertungsansätze, Hygiene, Mikroschadstoffe...)
- Wirtschaftliche Randbedingungen (Energie- u. Rohstoffpreise, ...)
- Energiewende
- technisches und organisatorische Innovationen (MSR, Informationstechnologie, Behandlungsverfahren...)



■ Status Quo

- Zentrale Ver- und Entsorgungskonzepte
- End-of-pipe Prinzip
- Hoher Ressourcenverbrauch (Trinkwasser, Energie)
- Hohe Kapitalbindung
- Hoher Sanierungsbedarf

→ **Eindeutig nicht nachhaltig!**

- Lösungsmöglichkeiten

- Bedarf an flexiblen Systemen
- Schließen von Wasser- und Stoffkreisläufen

- **Regenwasser**

- Abkehr vom Ableitungsprinzip

→ naturnahe Regenwasserbewirtschaftung

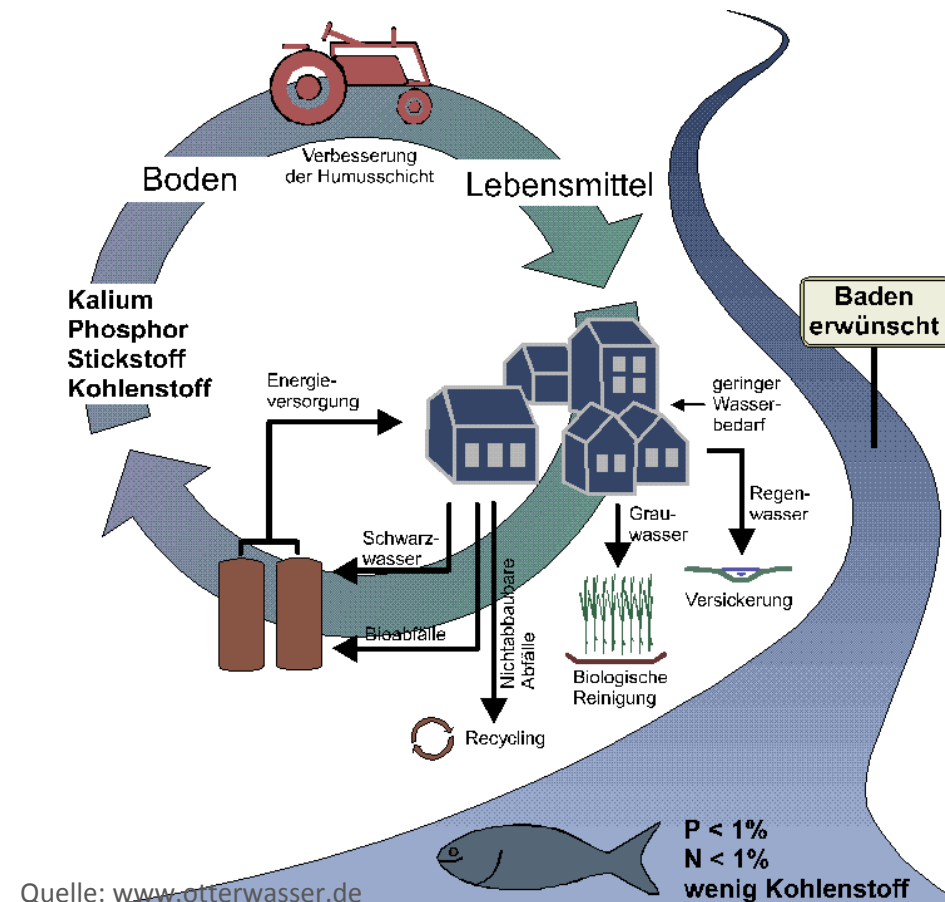
- **Schmutzwasser**

- Trennung nach Teilströmen

→ Neuartige Sanitärsysteme

■ Umsetzung im Bestand

- Erheblicher (Um-)Baubedarf
- Langer Übergangszeitraum

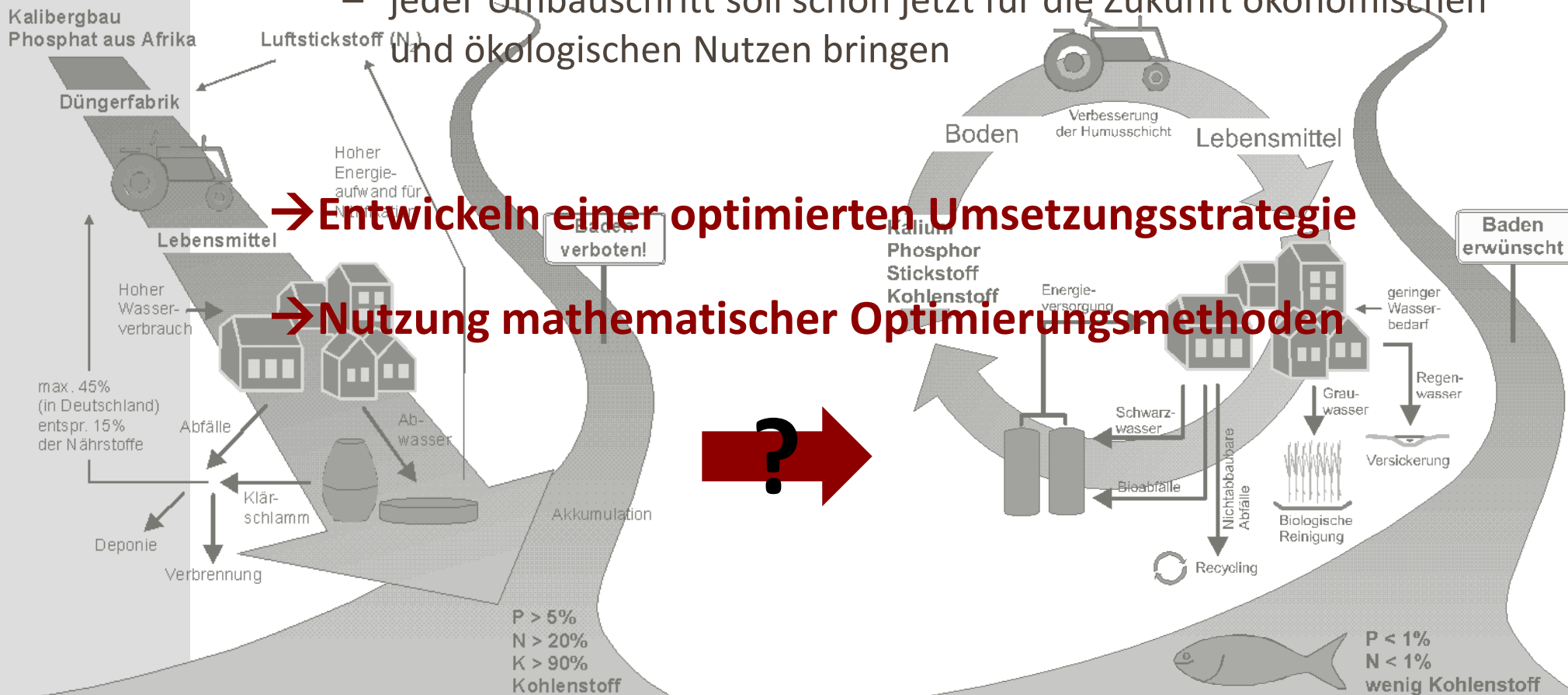


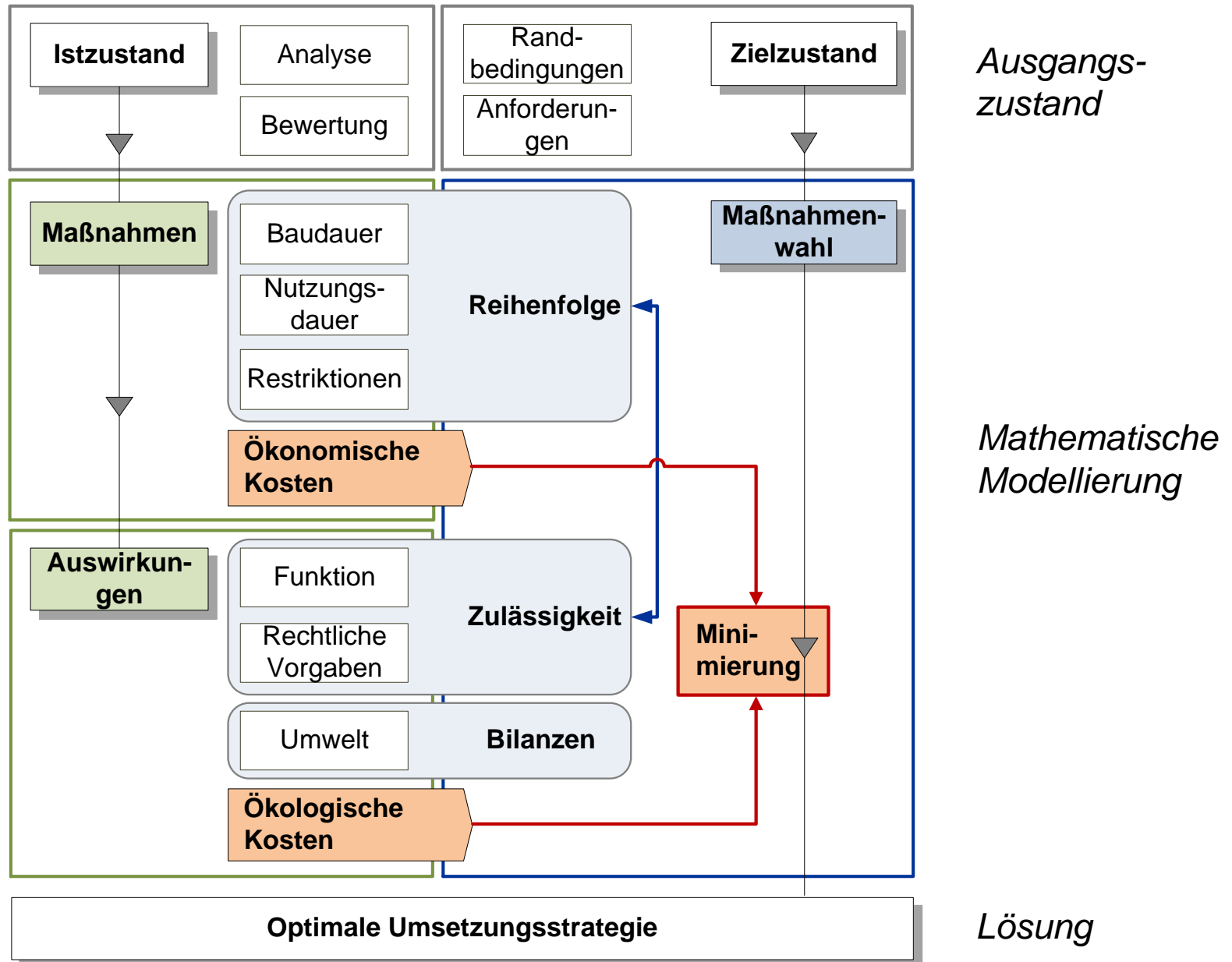
■ Strategie zur Anpassung

- neue Strategien zur Umsetzung „im laufenden Betrieb“ erforderlich
- jeder Umbauschritt soll schon jetzt für die Zukunft ökonomischen und ökologischen Nutzen bringen

→ Entwickeln einer optimierten Umsetzungsstrategie

→ Nutzung mathematischer Optimierungsmethoden





■ Ökonomische Kosten $K(1)$

- Investitionskosten von Maßnahmen
- Betriebskosten
- Sanierungskosten / Reinvestitionen
- Projektkostenbarwerte

→ Ökonomische Zielfunktion
= Σ € gesamter Zeitraum

■ Ökologische Kosten $K(2)$

- Anpassung an naturnahen Wasserkreislauf
- Umgang mit natürlichen Ressourcen
- Emissionen in Gewässer
- Immissionen

→ Ökologische Zielfunktion
= Σ ÖK gesamter Zeitraum

→ gleichzeitige Minimierung der konkurrierende Ziele

→ nicht eine Optimallösung, sondern viele
Pareto-optimale Lösungen

■ Stadtteil Kaiserslautern-Siegelbach

- 90 ha Einzugsgebiet
- 70 % Mischsystem / 30 % modifizierte Trennsysteme
- 3.100 E / 4.300 EW

■ Istzustand

- Umfangreiche Datenanalyse und -aufbereitung
- Teilgebietseinteilung
- Feststellung von Defiziten

■ Zielzustand (Beispiel)

- Regenwasser von Schmutzwasser trennen
- Naturnaher Umgang mit Regenwasser
- Grauwasser dezentral behandeln und nutzen
- Schwarzwasser zentral auf Kläranlage behandeln
- Einsatz wassersparender Techniken

■ Gewichtung Zielfunktionen

– Variante 1:

- ökonomische Kosten $K(1)$ für optimale Umsetzungsstrategie wichtiger
- Gewichtung $K(1) : K(2) = 1 : 5000$ (entspricht $2 : 1$)

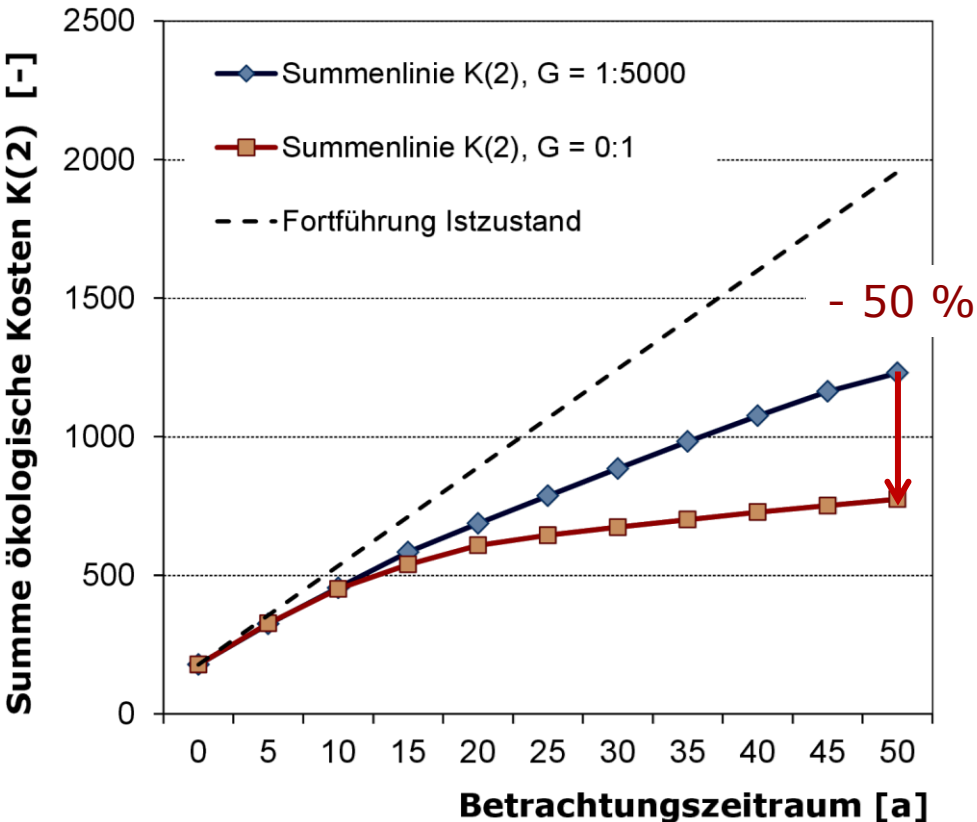
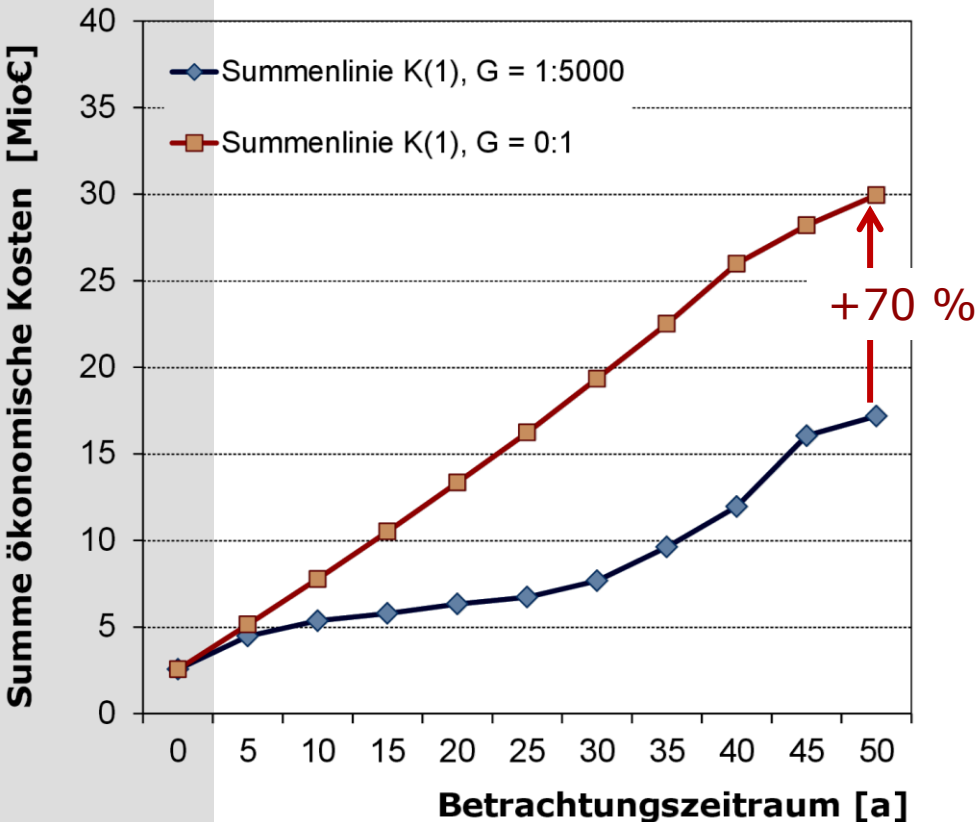
– Variante 2:

- hohes Gewicht ökologische Kosten $K(2)$
- Gewichtung $K(1) : K(2) = 0:1$

– Ökologische Kosten aus 3 Kriterienfeldern

- Kriterien: Wasserhaushalt, Ressourcenschutz, Emissionen
- Gewichtung: 1 : 2 : 1

Ergebnisse ökonomische und ökologische Kosten

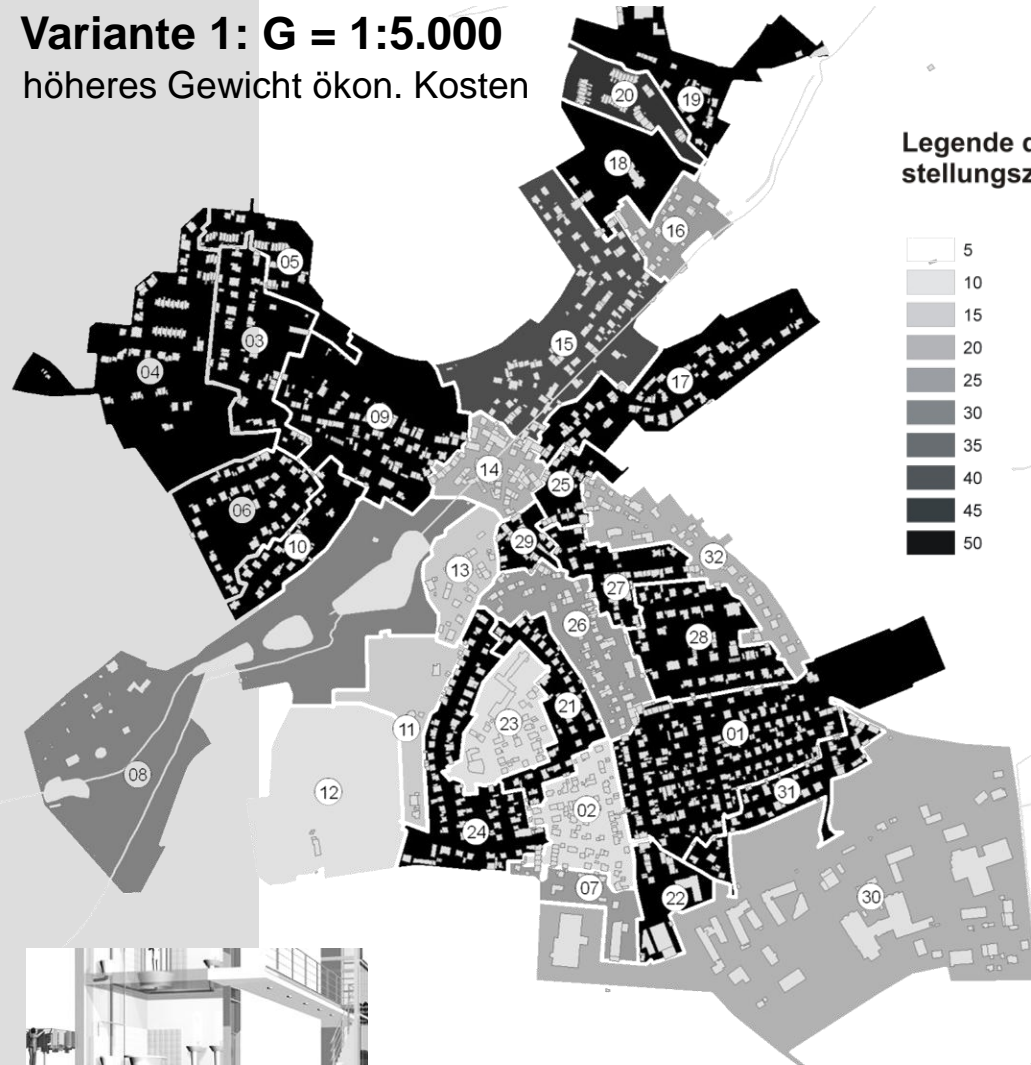


Quelle: www.limenewmedia.de

Ergebnisse – Grauwasserrecycling

Variante 1: $G = 1:5.000$

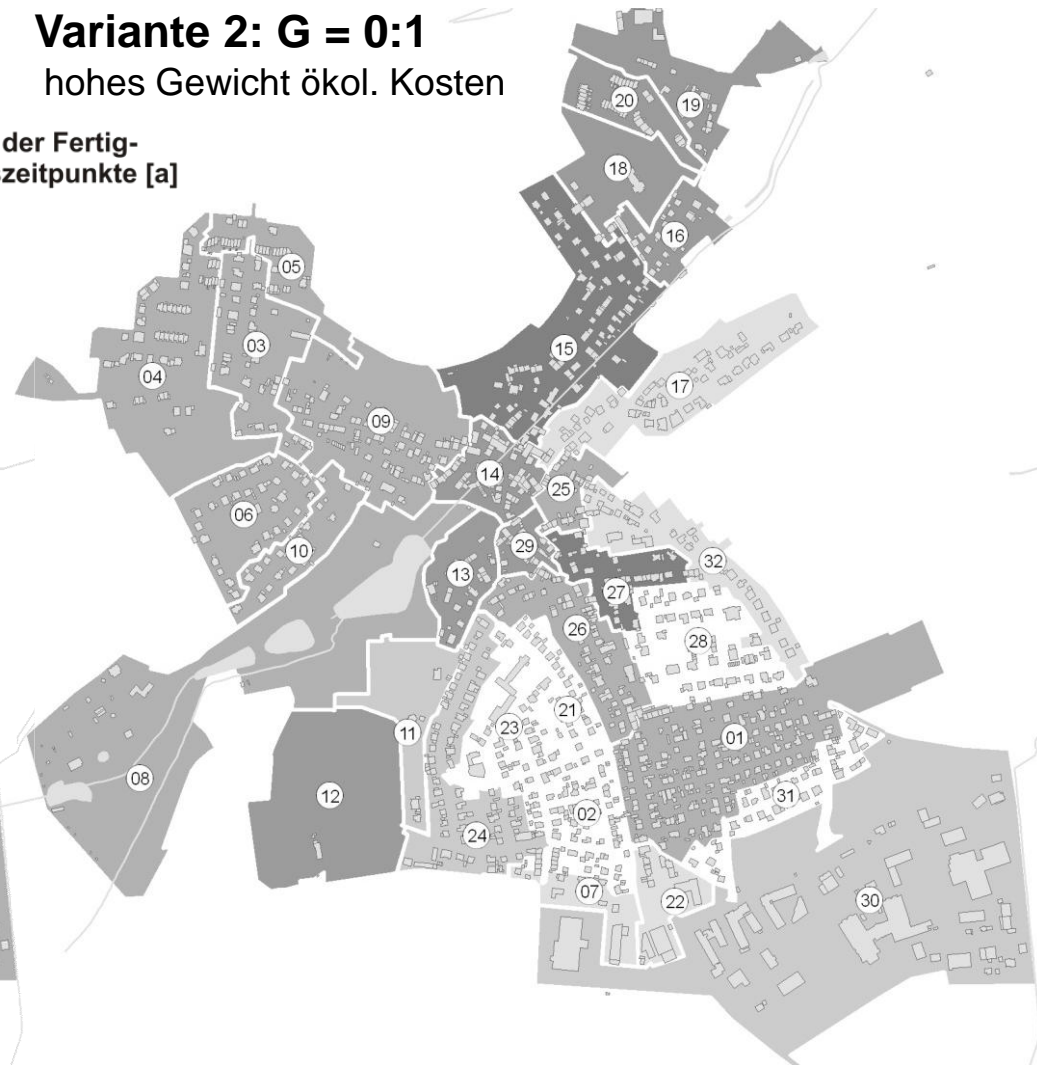
höheres Gewicht ökon. Kosten



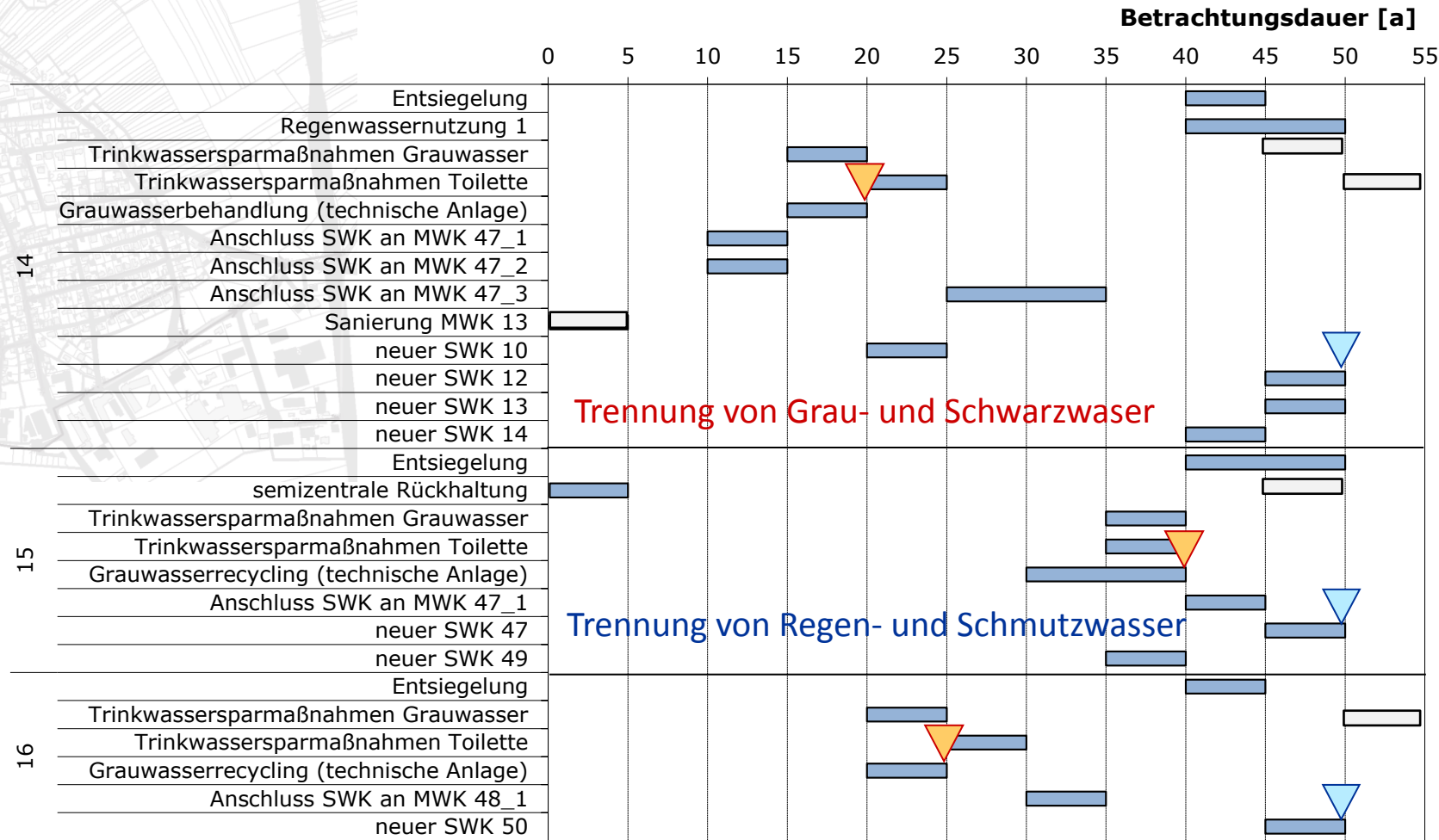
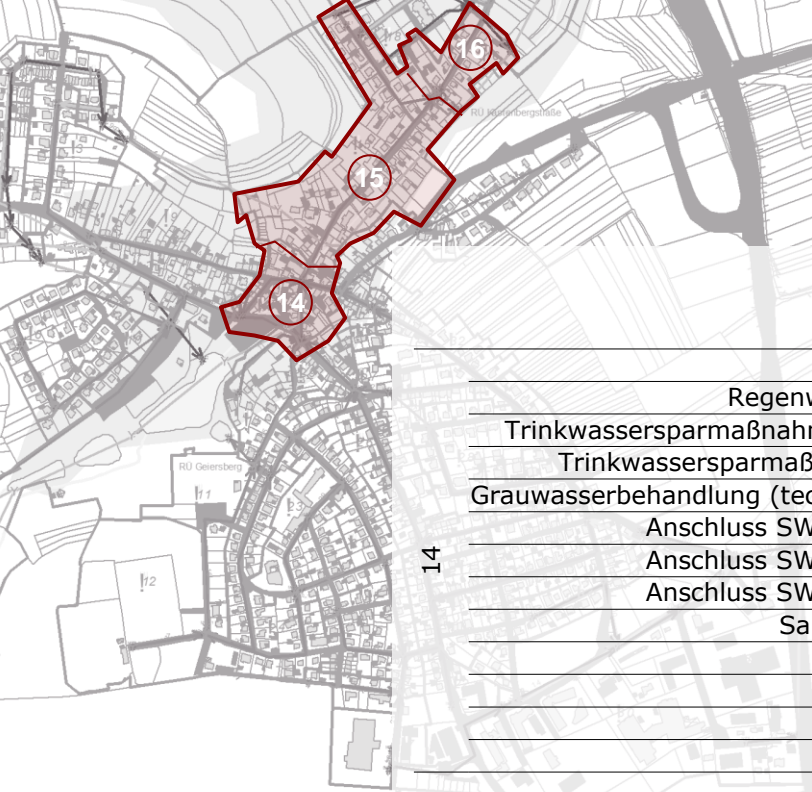
Variante 2: $G = 0:1$

hohes Gewicht ökol. Kosten

Legende der Fertigstellungszeitpunkte [a]



Ergebnisse – Bauablauf Variante 1



Trennung von Grau- und Schwarzwasser

Trennung von Regen- und Schmutzwasser

■ Baubeginn und -ende

□ Sanierung / Neubau nach Nutzungsdauer



Anpassung naturnaher Wasserhaushalt

Ziel Verdunstung 100%

Ziel Versickerung 40%

Ziel Abfluss 20%

Ziel Verd. 100%

Ziel Vers. 40%

Ziel Abfluss 20%

- Anteil Verdunstung
- Anteil RW-Nutzung
- Anteil Versickerung
- Anteil Abfluss

V1: G = 1:5000

höheres Gewicht ökon. Kosten

Bessere Anpassung

Frühere Anpassung

V2: G = 0:1

hohes Gewicht ökol. Kosten

Betrachtungszeitraum [a]

Anpassung Ressourcenschonung

Ziel Trinkwassereinsparung

Ziel Grauwassernutzung

Ziel Abfluss

Ziel TWE

Ziel GWN

Ziel Abfluss

100%

80%

60%

40%

20%

0%

100%

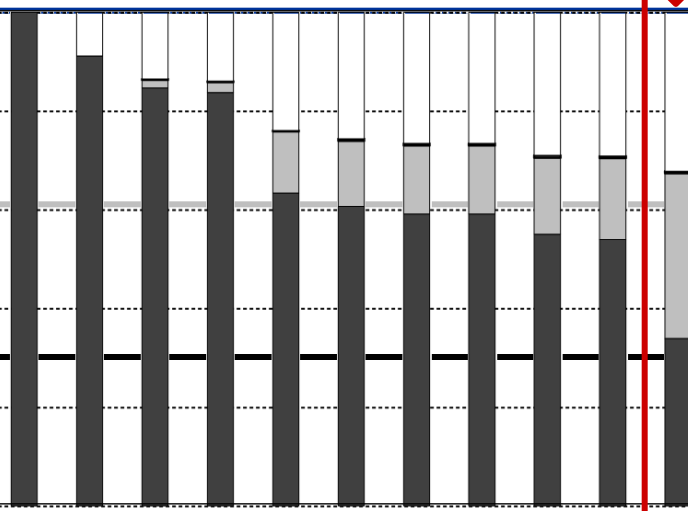
80%

60%

40%

20%

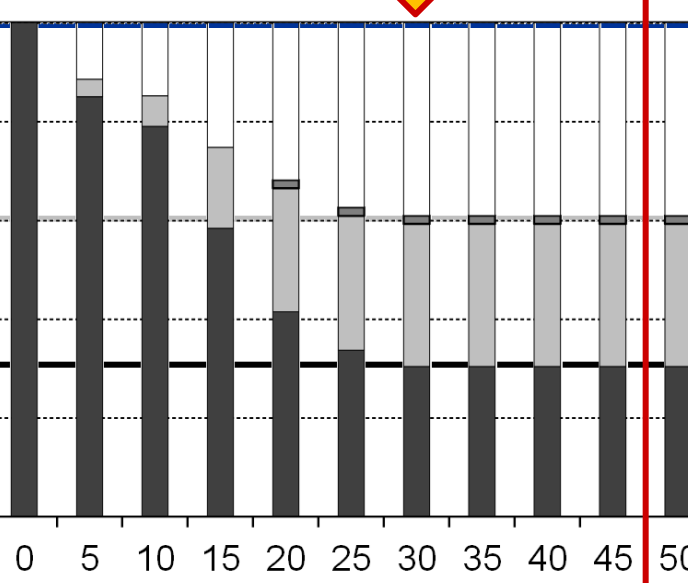
0%



- Anteil TW-Einsparung
- Anteil Versickerung GW
- Anteil Grauwassernutzung
- Anteil Abfluss
- ... des häuslichen Schmutzwasserabflusses

V1: G = 1:5000

höheres Gewicht ökon. Kosten



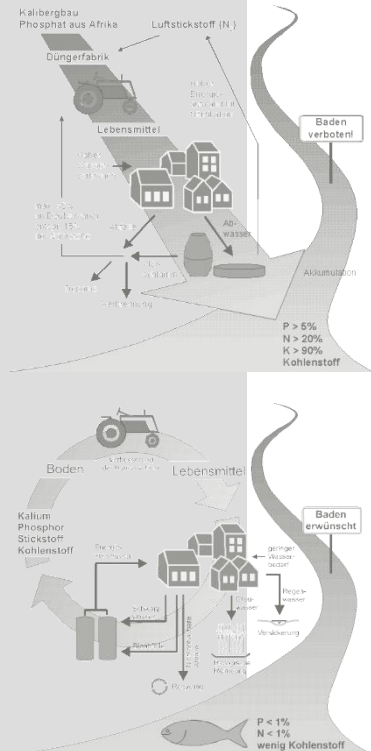
Anpassung früher erreicht

Gewünschter Zielzustand erreicht

V2: G = 0:1

hohes Gewicht ökol. Kosten

Betrachtungszeitraum [a]



■ Verschiedene optimale Umsetzungsstrategien sind möglich

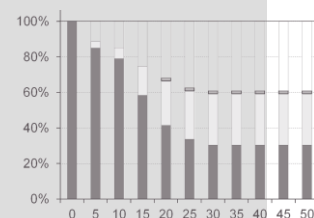
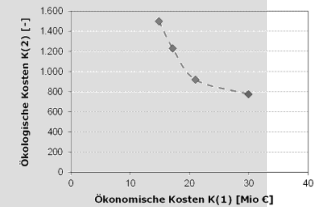
– Gewichtung von Kriterien ist entscheidend

→ Variante 2: Frühere und bessere Anpassung an Zielwerte

→ höhere Kosten gerechtfertigt?

– Vorgaben der Entscheidungsträger vor Ort führen zur endgültigen Lösung

→ Stärke des Modells: Betrachtung verschiedener Veränderungen / Auswirkungen im Detail möglich!



■ Herausforderungen Systemwandel

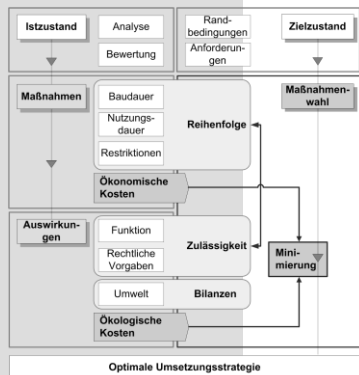
- Forderung nach nachhaltigen Abwasserinfrastrukturen
- Erheblicher (Um-)Baubedarf im Bestand
- Optimierte Strategien erforderlich

■ Neue Herausforderungen – neue Methoden?

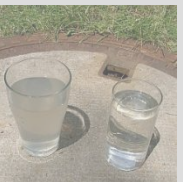
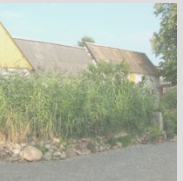
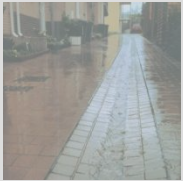
- Mathematische Optimierung geeignetes Werkzeug
- Unterstützung von Entscheidungsprozessen
- großes Potenzial für komplexere Anwendungen

■ Neue Methoden – Weiterentwicklung?

- veränderliche Rahmenbedingungen
- weitere Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen
- politische und planerische Entscheidungsebenen



→ Systemwandel ist multi-kriterieller Entscheidungsprozess



Optimale Strategien für einen Systemwandel in der Siedlungsentwässerung

Inka Kaufmann Alves