

# **WADKlim Workshop: Wasserwiederverwendung zur Bewässerung im urbanen Raum – Techniken, Risiken, Potenziale**

## *Ergebnisse des Arbeitspakets zur Bewässerung im urbanen Raum*

Tom Guggenberger

TU Berlin | FG Siedlungswasserwirtschaft

[guggenberger@tu-berlin.de](mailto:guggenberger@tu-berlin.de)

20.04.2023

# Übersicht – Ergebnisse des Arbeitspakets zur Bewässerung im urbanen Raum

- 1 Übersicht AP 4 inkl. Potenzials
- 2 Best Practice Übersicht
- 3 Bewertungsmatrix für Wasserwiederverwendungsprojekte
- 4 Anwendung der Matrix an der Modellstadt Lübbecke
- 5 Diskussion in Arbeitsgruppen

1

2

3

4

5

## ***Übersicht AP4 inkl. Potenzial des Wiederverwendung in Deutschland***

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- ▶ AP 4: Leitplanken der Wasserwiederverwendung zur Bewässerung im urbanen Raum
    - Potenzial der Wasserwiederverwendung
    - Best-Practice-Übersicht und Bewertungsmatrix
    - Anpassung des Risikomanagements inkl. Stakeholderbefragung
    - Ableiten von Handlungsempfehlungen
  - ▶ Potenzial = Max. benötigtes Bewässerungswasservolumen für die Instandhaltung und Pflege des urbanen Grüns
  - ▶ Durchschnitt der Bewässerungsmengen der fünf statistische Ansätze:

|                    | normale Jahre [m³/a] | trockene Jahre [m³/a] | sehr trockene Jahre [m³/a] |
|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| <b>Gesamt</b>      | 414.620.326          | 719.191.906           | 1.358.885.090              |
| <b>Großstadt</b>   | 144.666.058 (5%)     | 244.828.925 (9%)      | 451.823.158 (15%)          |
| <b>Mittelstadt</b> | 125.980.521 (5%)     | 221.433.709 (9%)      | 425.280.426 (15%)          |
| <b>Kleinstadt</b>  | 90.933.829 (5%)      | 154.949.749 (10%)     | 295.862.278 (19%)          |

1

2

3

4

5

## ***Best Practice für die urbane Wasserwiederverwendung***

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- ▶ Stand der Technik gängiger Aufbereitungsverfahren von geklärtem Abwasser für die Bewässerung von urbanen Grünflächen
    - Notwendige Aufbereitungsschritte
    - Erzielte Ablaufqualitäten
    - Einsparungspotenziale
  - ▶ Auswahl der Anlagen geschah, wenn Bewässerungswasser für urbane Anwendungen produziert wurde
    - Häufig keine Einzelnutzungen – sondern sich Ergänzende Nutzungsoptionen (z.B. landwirtschaftliche und urbane Bewässerung)
    - Mengenanteile der Nutzungsoptionen häufig nicht bekannt
    - Datengrundlage war ebenfalls Ausschlaggebend
  - ▶ Berücksichtigung der Gesetzlichen Vorgaben aus USA, EU (Landw.), Fr, It, Sp, Por, Gr, Zy, sowie Normen (z.B. DIN 19650; ISO 20760, 20761, 16075-X)
  - ▶ Alle Verfahren schließen min. an einen 3-Stufigen Klärprozess an

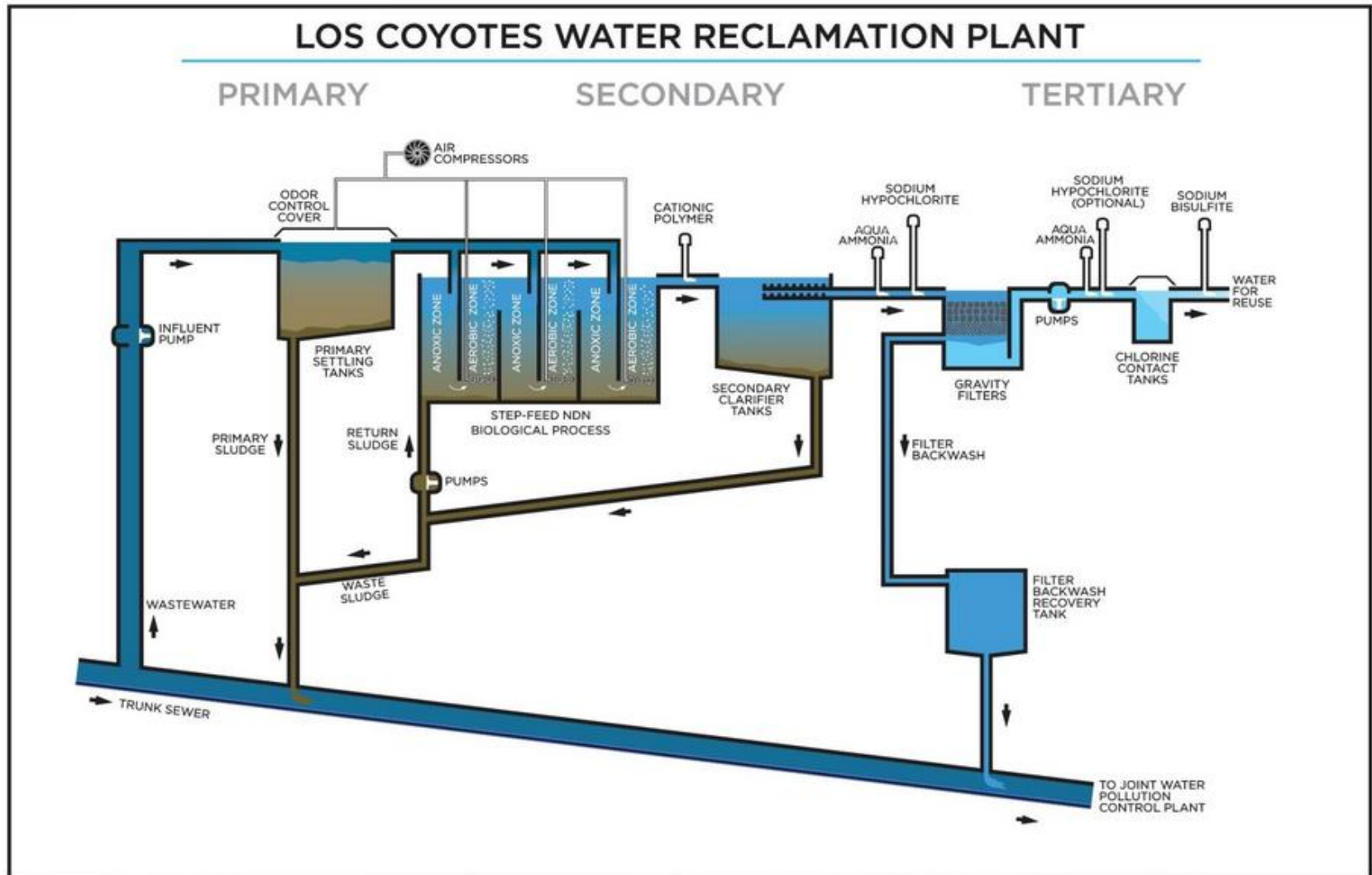
|                                | <b>IRAD</b><br>Alicante,<br>Spanien<br>41.600<br>m³/d | <b>IRAF</b><br>Caliagri,<br>Italien<br>95.890 m³/d | <b>IRIS</b><br>Boca Raton,<br>USA<br>36.718 m³/d | <b>PWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>30.238<br>m³/d | <b>LCWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>757 m³/d | <b>VWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>81.164<br>m³/d | <b>LCOWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>141.952<br>m³/d | <b>LBWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>94.635 m³/d | <b>LAWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>47.969 m³/d | <b>PDWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>45.424<br>m³/d |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Urban</b>                   |                                                       |                                                    |                                                  |                                                      |                                                 |                                                      |                                                         |                                                    |                                                    |                                                       |
| Bewässerung                    | X                                                     | X                                                  | X                                                | X                                                    | X                                               | X                                                    | X                                                       | X                                                  | X                                                  | X                                                     |
| künstliche Gewässer            |                                                       |                                                    |                                                  |                                                      | X                                               |                                                      |                                                         |                                                    |                                                    |                                                       |
| <b>Gewerbe &amp; Industrie</b> |                                                       |                                                    |                                                  |                                                      |                                                 |                                                      |                                                         |                                                    |                                                    |                                                       |
| Prozesswasser                  |                                                       |                                                    |                                                  |                                                      |                                                 |                                                      |                                                         | X                                                  | X                                                  |                                                       |
| <b>Umwelt</b>                  |                                                       |                                                    |                                                  |                                                      |                                                 |                                                      |                                                         |                                                    |                                                    |                                                       |
| natürliche Gewässer            |                                                       |                                                    |                                                  |                                                      |                                                 | X                                                    | X                                                       | X                                                  | X                                                  |                                                       |
| <b>Verfahrensstufen</b>        | UF                                                    | Fä                                                 | Sp                                               | CI-D                                                 | CI-D                                            | CI-D                                                 | CI-D                                                    | CI-D                                               | CI-D                                               | MB                                                    |
|                                | Sp                                                    | FI                                                 | CI-D                                             | SaF                                                  | Sp                                              | ZSF                                                  | SaF                                                     | SaF                                                | Sp                                                 | TF                                                    |
|                                |                                                       | SaF                                                | SaF                                              | CI-D                                                 |                                                 | CI-D                                                 | CI-D                                                    | CI-D                                               |                                                    | CI-D                                                  |
|                                |                                                       | CI-D                                               |                                                  |                                                      |                                                 |                                                      |                                                         |                                                    |                                                    |                                                       |

|                              | <b>IRAD</b><br>Alicante,<br>Spanien<br>41.600 m³/d | <b>IRAF</b><br>Caliagiri, Italien<br>95.890 m³/d | <b>IRIS</b><br>Boca Raton,<br>USA<br>36.718 m³/d | <b>PWRP</b><br>Kalifornien, USA<br>30.238 m³/d | <b>LCWRP</b><br>Kalifornien, USA<br>757 m³/d | <b>VWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>81.164 m³/d | <b>LCOWRP</b><br>Kalifornien, USA<br>141.952 m³/d | <b>LBWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>94.635 m³/d | <b>LAWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>47.969 m³/d | <b>PDWRP</b><br>Kalifornien,<br>USA<br>45.424 m³/d |
|------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Aufbereitungstechnik</b>  | Ultrafiltration                                    | Sandfilter                                       | Speicherung                                      | CI-Desinfektion                                |                                              | CI-Desinfektion                                   | CI-Desinfektion                                   | CI-Desinfektion                                    | CI-Desinfektion                                    | Speicherung                                        |
|                              | Umkehrosmose                                       | UV-Desinfektion                                  | Desinfektion                                     | Sandfilter                                     | CI-Desinfektion                              | Sandfilter                                        | Sandfilter                                        | Sandfilter                                         | Sandfilter                                         | Tuchfilter                                         |
|                              | Speicherung                                        | CI-Desinfektion                                  | Sandfilter                                       | CI-Desinfektion                                | Speicherung                                  | CI-Desinfektion                                   | CI-Desinfektion                                   | CI-Desinfektion                                    | CI-Desinfektion                                    | CI-Desinfektion                                    |
| TOC                          | k.A.                                               | k.A.                                             | 100 - 200                                        | k.A.                                           | k.A.                                         | k.A.                                              | k.A.                                              | k.A.                                               | k.A.                                               | k.A.                                               |
| CSB                          | k.A.                                               | k.A.                                             | 22,1 - 80                                        | k.A.                                           | 181                                          | k.A.                                              | k.A.                                              | k.A.                                               | k.A.                                               | k.A.                                               |
| BSB5                         | k.A.                                               | k.A.                                             | k.A.                                             | n.n                                            | n.n                                          | n.n                                               | n.n                                               | n.n                                                | n.n                                                | n.n                                                |
| Trübung                      | k.A.                                               | k.A.                                             | 2 - 12                                           | 0,5                                            | k.A.                                         | 0,62                                              | 0,8                                               | 0,76                                               | 0,66                                               | 0,88                                               |
| AFS                          | k.A.                                               | k.A.                                             | 15 - 40                                          | n.n                                            | 212                                          | n.n.                                              | n.n.                                              | n.n.                                               | n.n.                                               | n.n.                                               |
| N                            | k.A.                                               | k.A.                                             | 15 - 40                                          | <12                                            | 36                                           | <8                                                | <9                                                | <11                                                | <6                                                 | <5                                                 |
| P                            | k.A.                                               | k.A.                                             | k.A.                                             | <0,3                                           | k.A.                                         | 0,8                                               | 0,3                                               | 0,5                                                | k.A.                                               | k.A.                                               |
| E.Coli [kbe/100ml]           | k.A.                                               | k.A.                                             | k.A.                                             | n.n                                            | n.n                                          | n.n.                                              | n.n.                                              | n.n.                                               | n.n.                                               | n.n.                                               |
| Grenzwerte eingehalten<br>in | k.A.                                               | k.A.                                             | -                                                | Zy, Fr, Gr*, It,<br>Po, Sp, EU, EPA            | -                                            | Zy, Fr, Gr*, It,<br>Po, Sp, EU, EPA               | Zy, Fr, Gr*, It,<br>Po, Sp, EU, EPA               | Zy, Fr, Gr*, It,<br>Po, Sp, EU, EPA                | Zy, Fr, Gr*, It,<br>Po, Sp, EU, EPA                | Zy, Fr, Gr*,<br>Po, Sp, EU, EPA                    |



- 1 ▶ Baujahr 1970
- 2 ▶ 141.952 m<sup>3</sup>/d (Reuse)
- 3 ▶ Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen, der industrielle Nutzung; Stützung des Santa Gabriel Flusses
- 4
- 5 ▶ BSB<sub>5</sub> nicht nachgewiesen, <9 mg/l N<sub>ges</sub>, < 0,3 mg/l P<sub>ges</sub>, AFS nicht nachgewiesen, E. Coli nicht nachgewiesen, Trübung 0,8 NTU
- ▶ 0,80 \$/m<sup>3</sup> (63% des TW-Preises von 1,28\$/m<sup>3</sup>)

# Best Practice – Los Coyotes Water Reclamation



- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- ▶ Urbane Wiederverwendung findet seit Dekaden stabil, erfolgreich und sicher statt
  - ▶ Drei-stufigen Klärprozess mit anschließender Sandfiltration und Desinfektion ausreichend um Grenzwerte einzuhalten
    - Wie Desinfizieren? – Nach DIN 19650 chemische Verfahren (Cl<sub>2</sub>) Verboten
      - Grenzwert bzgl. der Trübung vor der Desinfektion!
    - Erweiterung je nach Abwasserquelle und Zielsetzung (Nutzungsart):
      - U.a. Oxidation, Aktivkohle, Membranverfahren
  - ▶ Risikominimierende Maßnahmen dennoch Sinnvoll (z.B. Öffnungszeiten)
  - ▶ Zum Schutz der Umwelt und Gesundheit ist ein engmaschiges Beprobungsregime von Zu- und Ablauf notwendig
    - Pathogene (Viren), Persistente org. Verbindungen (PFAS, PAK), Salze, Spurenstoffe, Verfahrensvalidierung
  - ▶ 33% Ersparnis im Verhältnis zum Trinkwasserpreis sind realistisch

## ► Großes Synergiepotenzial mit 4. Reinigungsstufe

- Ozonung + Bio. Filter + Desinfektion
- (Ozonung) + GAK + Desinfektion
- (Ozonung) + PAK + Filtration + Desinfektion

## ► Momentan 46 Anlagen in Deutschland in Betrieb + 90 im Bau

| O <sub>3</sub> | GAK | PAK | O <sub>3</sub> + GAK | O <sub>3</sub> + PAK |
|----------------|-----|-----|----------------------|----------------------|
| 10             | 11  | 21  | 2                    | 2                    |

## ► Noch unabhängig von der KA-Ausbaugröße

| Ausbaugröße<br>[EW] | ≤ 10.000 | 10.000 - ≤<br>20.000 | 20.000 - ≤<br>50.000 | 50.000 - ≤<br>100.000 | 100.000 - ≤<br>500.000 | >500.000 |
|---------------------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|----------|
| Anzahl              | 5        | 4                    | 12                   | 12                    | 10                     | 3        |

## ► Nach EU-Kommunalabwasserrichtlinie Aufrüstung aller KA > 100.000 EW bis 2035 & Aller KA 10.000 – 100.000 EW bis 31.12.2040

1

2

3

4

5

# ***Bewertungsmatrix für Wasserwiederverwendungsprojekten***

- ▶ Entscheidungshilfe zur Umsetzung eines Wasserwiederverwendungsprojekte
- ▶ Basiert auf der Best-Practice Übersicht und Risikominimierung
  - ▶ Aktive Maßnahmen zur technischen Umsetzung (Quelle + Reinigungsverfahren)
  - ▶ Vorsorgliche Maßnahmen zur Risikominimierung (z.B. Barrieren, Schilder, Bewässerungsmethoden)
  - ▶ Günstige Grundvoraussetzungen zur Infrastruktur und Bewässerungsbedürftigkeit
- ▶ 4 Hauptkategorien
- ▶ Jeder Haupt- bzw. Unterkategorie sind bestimmte Eigenschaften zugeordnet
  - Eigenschaften haben Punkte
  - Eigenschaften müssen mit einander so kombiniert werden, dass eine Mindestpunktzahl erreicht wird
  - Wird die Punktzahl nicht erreicht, können die Maßnahmen zur Veränderung leicht herausgelesen werden

# 1. Bewässerungsbedürftigkeit

## ▶ Die Bewässerungsbedürftigkeit erste zu stellende Frage!!

- Ist der Bewässerungsbedarf zu gering, sind Maßnahmen zur Wasserwiederverwendung nicht sinnvoll oder ließen sich mittels bestehender Wasserquellen befriedigen
- !Die Verfügbarkeit anderer Quellen ist dabei zwingend zu Überprüfen!

## ▶ Die Entscheidung ob ein Wasserwiederverwendungssystem lohnenswert ist hängt aber von vielen Faktoren ab:

- Vorhandensein anderer/bestehender Quellen
- Ergiebigkeit anderer Quellen
- Bereits bestehende Anlagen zur Wiederverwendung (z.B. industrielle o. landwirtschaftlich)
  - Synergien / Multinutzung
- Infrastrukturelle Anbindung

## ▶ Bedürftigkeit im Kontext zu sehen → Nur empfehlenden Charakter

# 1. Bewässerungsbedürftigkeit

| Bewässerungsbedürftigkeit                                               | Beschreibung                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nicht Gegeben                                                           | Es lohnt sich keine Investition in Infrastrukturmaßnahmen zur Wasserwiederverwendung zur Bewässerung, da keine Bewässerungsbedürftigkeit gegeben ist.                                                                                                                                                  |
| Sehr selten (vereinzelte Tage im Jahr)<br>Selten (mehrere Tage im Jahr) | Ist die Bewässerung an nur wenigen Tagen im Jahr notwendig, ließe sich diese auch mit anderen Wasserquellen praktizieren. Die Verfügbarkeit anderer Quellen bedarf jedoch einer genauen Prüfung.                                                                                                       |
| Mehrere Tage pro Woche in der Vegetationsphase                          | Ist die Bewässerung an mehreren Tagen pro Woche in der Vegetationsphase oder darüber hinaus notwendig, kann sich eine Investition in die Wasserwiederverwendung lohnen. Die notwendigen Randbedingungen und Anpassungen sind zu überprüfen. Der Investitionsbedarf für die Umsetzung ist abzuschätzen. |
| Mehrere Tage pro Woche über die Vegetationsperiode hinaus               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |



## 2. Abwasser- und technische Spezifikationen

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- ▶ Nur aus der Kombination des Abwassers und der gewählten Aufbereitungsmethode lässt sich Eignungen ableiten
    - Leicht verschmutztes Regenwasser kann durch einfache Verfahren (z.B. Sedimentation u. Desinfektion) Qualitätsziele erreichen
    - Starkverschmutztes industrielles Abwasser durch Intensive Verfahren (z.B. Umkehrosmose, Oxidation und Aktiv-Kohle Filtration + Desinfektion)
  - ▶ Besitz drei Unterkategorien:
    - Herkunft des Abwassers
    - Klärtechnik
    - Aufbereitungstechnik
  - ▶ Für ein zufriedenstellende Kombination werden insgesamt 20 Pkt. benötigt
  - ▶ Schließt kein Engmaschiges Untersuchungsprogramm aus!
    - Erforderliche Aufbereitungen lassen sich jedoch gut Abschätzen

## 2. Abwasser- und technische Spezifikationen

| Bewertung (Pkt.) | Abwasser- & technische Spezifikationen                                 |                                                                                                    |                                                       |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | Herkunft des Abwassers                                                 | Klärtechnik                                                                                        | Aufbereitungstechnik                                  |
| 0                | Nur Industrielles Abwasser                                             | 1 Stufig (z.B. nur Sedimentation o. Klärteich)<br>2 Stufig (Mechanische- und Sedimentations Stufe) |                                                       |
| 1                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 2                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 3                | Häusliches + Industrielles Abwasser                                    |                                                                                                    | UV / Ozon o. Chlor - Desinfektion                     |
| 4                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 5                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 6                | Häus. + Ind. Abwasser mit bekannten Indirekteinleitern                 |                                                                                                    | Sand Filtration + Desinfektion                        |
| 7                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 8                | Nur häusliches Abwasser                                                | 3 Stufig (Vor-/ Belebung / Nachklärung )                                                           |                                                       |
| 9                |                                                                        | 4 Stufig inkl. Filtration                                                                          | Spurenstoffelimination + Desinfektion                 |
| 10               |                                                                        | Vorklärung + Membrambioreaktor                                                                     |                                                       |
| 11               |                                                                        | 4 Stufig inkl. Spurenstoffelimination                                                              |                                                       |
| 12               | Nur Regenwasser                                                        |                                                                                                    | Spurenstoff Elimination + Membranstufe + Desinfektion |
| <b>Summe</b>     |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| Anmerkung        | Zur Wasserwiederverwendung geeignet, wenn min. 20 Pkt. erreicht werden |                                                                                                    |                                                       |
|                  |                                                                        | 4 Stufig = (3 Stufig mit Nachgeschalteten Prozess)                                                 | * Ultrafiltration < Nanofiltration < Umkehrosmose     |

### 3. Spezifikationen des urbanen Grüns

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- ▶ Die Kombination der Flächennutzung, zugangsberechtigter Personen, Zugangszeiten und Bewässerungsmethode geben Auskunft über die Eignung
    - Eine unbegrenzte Fläche (zeitlich, physisch und personell) kann nur durch kontaktlose Bewässerungsmethoden (bewässerungssack oder unterirdisch) Bewässert werden
    - Physische Abgegrenzte Flächen können auch mit Beregnungsanlagen bewässert werden
  - ▶ Die Flächennutzung beruht dabei auf Annahmen
    - das Verhalten möglicher Nutzer\*innen ist nicht eindeutig vorhersehbar
    - Bei Unklarheiten/Unsicherheit sollte die Fläche wie unbegrenzte Grünflächen gehandhabt werden
  - ▶ Für ein zufriedenstellende Kombination werden insgesamt 16 Pkt. benötigt
  - ▶ Risiken für Bevölkerungsgruppen und Umweltkompartimente müssen zusätzlich durch ein Risikomanagement abgeklärt werden!

# 3. Spezifikationen des urbanen Grüns

## ► Flächennutzungen:

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- Öffentliche Park-, Sport- und Gartenanlagen: Es gibt keine allgemein gültigen Einschränkungen für die Besucher (3 Pkt.)
  - Zierflächen / Schmuckbeete: physisch abgegrenzt und ein Aufenthalt auf der Fläche ist nicht vorgesehen. Vorgaben können dennoch leicht gebrochen werden können, z.B. um Blumen zu pflücken. (7 Pkt.)
  - Friedhof: Abgesehen von den Wegen und Sitzgelegenheiten ist ein Aufenthalt auf den zu bewässernden Flächen / Gräbern inkl. Kontakt zu den Flächen nicht vorgesehen. Zusätzlich spielen pietätische Gründe eine Rolle, die einen Kontakt zu den Flächen stark reduzieren. (8 Pkt.)
  - Botanischer Garten: abgegrenzte Flächen die einen Aufenthalt nicht vorsehen. Zusätzlich sind die Flächen bewacht und der Aufenthalt ist an eine Hausordnung gekoppelt ist (9 Pkt.)
  - Straßenbegleitgrün: Ein Aufenthalt ist nicht vorgesehen und der Zugang durch die Verkehrswege stark eingeschränkt. (10 Pkt.)
  - Straßenbaum: Durch Wassersparende Bewässerungssäcke kann ein Kontakt zu ungeschultem Personen fast vollständig ausgeschlossen werden. (11 Pkt.)

### 3. Spezifikationen des urbanen Grüns

| Bewertung (Pkt.) | Spezifikationen des urbanen Grüns                                                                                                   |                                                        |                                                      |                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                  | Flächennutzung                                                                                                                      | Zugangsberechtigte Personen                            | Zugangsbeschränkung / -Zeiten                        | Bewässerungssystem <sup>1</sup>         |
| 0                |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      | Beckenbewässerung<br>Furchenbewässerung |
| 1                |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      |                                         |
| 2                |                                                                                                                                     | uneingeschränkt                                        | uneingeschränkt                                      |                                         |
| 3                | öffentlicher Park, (Rasen-) Sportplatz, Privater Garten                                                                             | passiv unterwiesenes Publikum (z.B. Informationstafel) |                                                      | Beregnung                               |
| 4                |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      |                                         |
| 5                |                                                                                                                                     |                                                        | Durch Schilder zugangsbeschränkte Flächen            | Sprühbewässerung                        |
| 6                |                                                                                                                                     | aktiv unterwiesenes Publikum (z.B. verbale Belehrung)  |                                                      |                                         |
| 7                | Zierfläche / Schmuckbeet                                                                                                            |                                                        |                                                      |                                         |
| 8                | Friedhof                                                                                                                            |                                                        |                                                      |                                         |
| 9                | Gärtnerei / Botanischer Garten                                                                                                      |                                                        | Begrenzte Öffnungszeiten                             | Tropfenbewässerung*                     |
| 10               | Straßenbegleitgrün                                                                                                                  | Beschränkter Personenkreis (z.B. Arbeiter*innen)       | Durch physische Barrieren zugangsbeschränkte Flächen | Bewässerungssack***                     |
| 11               | Straßenbaum                                                                                                                         |                                                        |                                                      | unterirdische Flachbewässerung*         |
| 12               |                                                                                                                                     | Nicht Zugänglich                                       | Nicht öffentlich Zugänglich                          | unterirdische Tiefbewässerung**         |
| <b>Summe</b>     |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      |                                         |
| Anmerkung        | Zur Wasserwiederverwendung geeignet, wenn min. 16 Pkt. Erreicht werden (Wenn keine absolute Keimfreiheit gewährleistet werden kann) |                                                        |                                                      |                                         |

## 4. Infrastrukturelle Anbindung

- ▶ Dient der Bewertung infrastruktureller Anbindung / bestehender Techniken
- ▶ Sie besitzt keine Punkte und hat nur empfehlenden Charakter
  - Durch die Priorisierung der verschiedenen infrastrukturellen Anbindungen können diese bewertet werden, ohne jedoch eine pauschale Auskunft über deren Eignung zur Wasserwiederverwendung abzuleiten
  - Z.B. kann eine ortsferne Wasserquelle im Fall einer anhaltenden Dürre der einzige Weg zur Rettung urbaner Ökosysteme sein → Kein Ausschlusskriterium
- ▶ Vier Kategorien
  - Ortsferne Aufbereitung (Liegt weit entfernt der urbanen Agglomeration und muss über Zubringerleitungen erst in die Stadt gebracht werden)
  - Ortsnahe Aufbereitung (Liegt am Stadtrand der urbanen Agglomeration)
  - Verbrauchsnahe Aufbereitung (Verbrauchs nah, z.B. eine Zentral Kläranlage)
  - Infrastrukturelle Anbindung besteht bereits

## 4. Infrastrukturelle Anbindung

| Infrastrukturelle Anbindung                            | Beschreibung                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ortsferne Klär-/Aufbereitungsanlage                    | Sehr kostenintensiver Bau einer Zubringer- und Versorgungsleitung, sowie Speichereinheiten. Hohe Betriebskosten für die Förderung und Gewährleistung von Keimfreiheit                                                                    |
| Ortsnahe Klär-/Aufbereitungsanlage                     | Kostenintensiver Bau einer Versorgungsleitung, sowie Speichereinheiten. Betriebskosten für die Förderung deutlich geringer. Gewährleistung von Keimfreiheit durch regelmäßige Kontrollen. Zur Not auch Lastwagentransporte möglich.      |
| Verbrauchsnahe Aufbereitung (z.B. Zentrale Kläranlage) | Bau von kurzen Versorgungs- oder Anschlussleitungen und Speichereinheiten notwendig. Geringe Förder- und Betriebskosten. Kontrolle gegen Wiederverkeimung trotzdem nötig. Möglichkeit eines Günstigen Lastwagentransports ist zu prüfen. |
| Infrastrukturelle Anbindung besteht bereits            | Bestehende Infrastruktur kann durch kleine Umbauten genutzt werden.                                                                                                                                                                      |

1

2

3

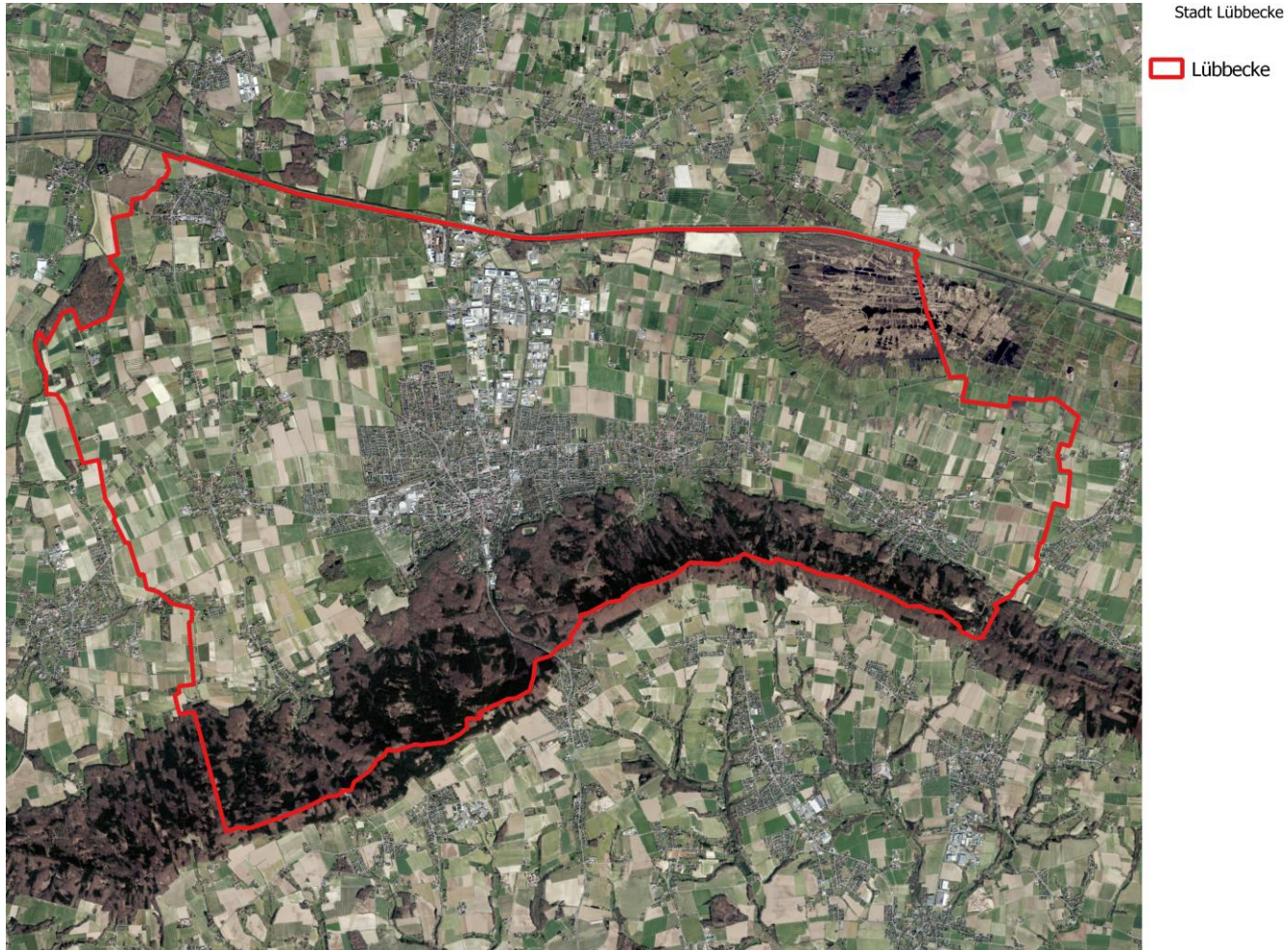
4

5

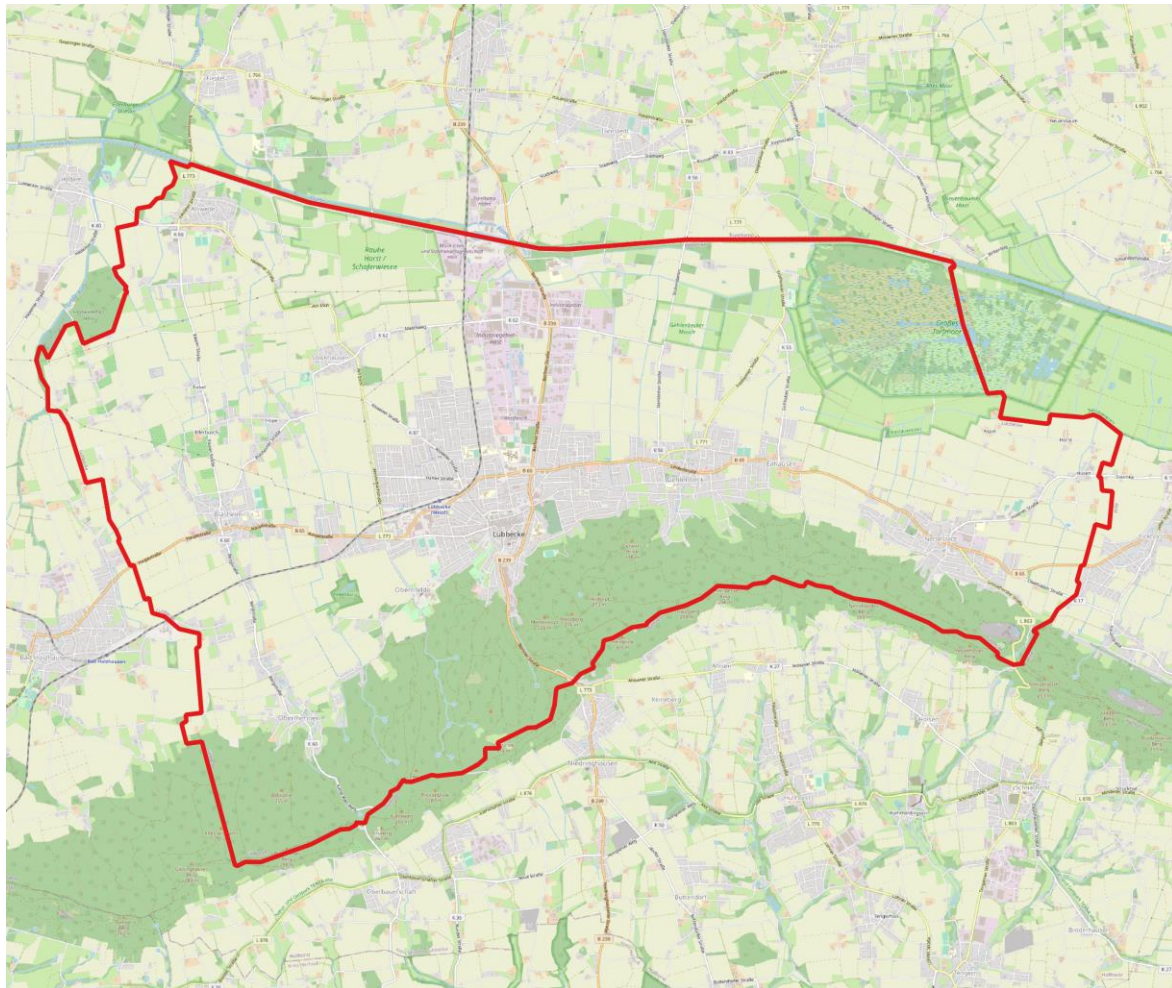
# Anwendung der Matrix an der Modellstadt Lübbecke



- 1 ▶ Mittelstadt in Ostwestfalen im Bundesland Nordrheinwestfalen
  - 2 ■ 25.674 Einwohner
  - 3 ■ Gesamtfläche von 6504 ha
    - 3408 ha Landwirtschaftliche Nutzfläche (52%), 1441 ha Siedlungs- & Verkehrsfläche (22%); 1314 ha Wald (20%)
- 4 ▶ Kläranlage GK 5 (130.000 EW);  $Q \sim 4 \text{ mio. m}^3/\text{a}$ 
  - Rechen – Belüfteter Sand- & Fettfang – Rund-Vorklärbecken
  - 2 straßige biologische Reinigungsstufe inkl. weitergehender Nitri-/Denitrifikation und simultaner P-Elimination
  - 3 straßige Nachklärung
  - Nachgeschaltete Flockenfiltration zur weitestgehenden P-Elimination
- 5 ▶ Ermittlung der urbanen Grünflächen mit den Flächendaten aus der Geofabrik für folgende Flächennutzungen:
  - Graveyard, Park, Playground, Dog park, Sport centre, Pitch, Golf course, Tree, Park, Allotments, Meadow, Recreation ground, Orchard.

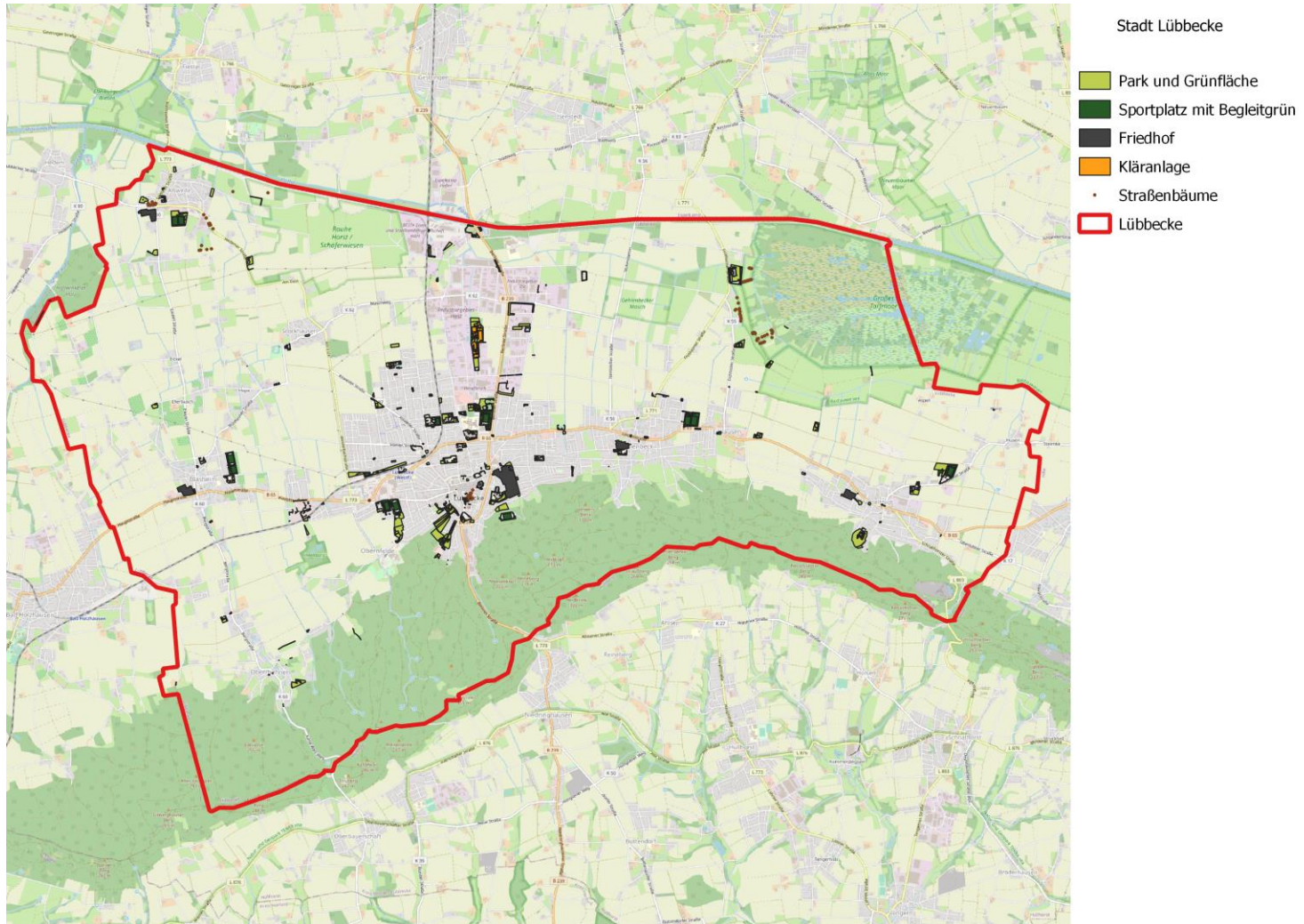






Stadt Lübbecke

 Lübbecke



# Lübbecke – 1. Bewässerungsbedarf

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

|                            | Lübbecke<br>65.040.000,00<br>[m²] | Bewässerungsmengen nach DIN & Klimatischer Wasserbilanz  |                                                          |                                                               |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                            |                                   | Jahresbewässerungs<br>menge<br>mittlere Jahre<br>[l/m²a] | Jahresbewässerungs<br>menge<br>trockene Jahre<br>[l/m²a] | Jahresbewässerungs<br>menge<br>sehr trockene Jahre<br>[l/m²a] |
| Parks                      | 60.000,00                         | 119                                                      | 200                                                      | 401                                                           |
| Sportplätze                | 110.000,00                        | 150                                                      | 250                                                      | 400                                                           |
| Friedhöfe                  | 140.000,00                        | 119                                                      | 200                                                      | 401                                                           |
| Kleingärten                |                                   | 119                                                      | 200                                                      | 401                                                           |
| Begleitgrün                |                                   | 119                                                      | 200                                                      | 401                                                           |
| Straßenbäume               | 518,00                            | 1,2                                                      | 1,8                                                      | 2,4                                                           |
| Gesamte Bewässerungsfläche | 310.000,00                        | -                                                        |                                                          |                                                               |
| Anteil an Gesamtfläche [%] | 0,476629766                       |                                                          |                                                          |                                                               |

|                                              | Bewässerungsbedarf je Grünfläche [m³] |                |                     |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------|
|                                              | mittlere Jahre                        | trockene Jahre | sehr trockene Jahre |
| Parks                                        | 7.140,00                              | 12.000,00      | 24.060,00           |
| Sportplätze                                  | 16.500,00                             | 27.500,00      | 44.000,00           |
| Friedhöfe                                    | 16.660,00                             | 28.000,00      | 56.140,00           |
| Kleingärten                                  | 0,00                                  | 0,00           | 0,00                |
| Begleitgrün                                  | 0,00                                  | 0,00           | 0,00                |
| Straßenbäume                                 | 0,62                                  | 0,93           | 1,24                |
| Gesamt Bewässerungsbedarf [m³/a]             | 40.300,62                             | 67.500,93      | 124.201,24          |
| Tagesbedarf in der Vegetationsperiode [m³/d] | 221,43                                | 370,88         | 682,42              |



- ▶ 310.000 m<sup>2</sup> Bewässerungsfläche und 518 Straßenbäume
  - 40.000 – 67.500 – 124.000 m<sup>3</sup>/a
  - 221 – 370 – 682 m<sup>3</sup>/d (in der Vegetationsperiode)
- ▶ Offizielle Angaben (Grünflächenamt Lübbecke)
  - 767.000 m<sup>2</sup> Grünfläche
  - Davon NUR 82.000 m<sup>2</sup> Bewässerungsbedürftig (bzw. werden bewässert)
  - 5700 m<sup>3</sup>/a (31,31 m<sup>3</sup>/d in der Vegetationsperiode)
  - 47 % aus Trinkwasser; 53% aus eigenen Brunnen
- ▶ Rechnerisch ergibt sich ein täglicher Bewässerungsbedarf
- ▶ Eignes Interesse an Wiederverwendung ist sehr hoch!!

# Lübbecke – 1. Bewässerungsbedarf

| Bewässerungsbedürftigkeit                                                                                   | Beschreibung                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nicht Gegeben                                                                                               | Es lohnt sich keine Investition in Infrastrukturmaßnahmen zur Wasserwiederverwendung zur Bewässerung, da keine Bewässerungsbedürftigkeit gegeben ist.                                                                                                                                                  |
| Sehr selten (vereinzelte Tage im Jahr)<br>Selten (mehrere Tage im Jahr)                                     | Ist die Bewässerung an nur wenigen Tagen im Jahr notwendig, ließe sich diese auch mit anderen Wasserquellen praktizieren. Die Verfügbarkeit anderer Quellen bedarf jedoch einer genauen Prüfung.                                                                                                       |
| Mehrere Tage pro Woche in der Vegetationsphase<br>Mehrere Tage pro Woche über die Vegetationsperiode hinaus | Ist die Bewässerung an mehreren Tagen pro Woche in der Vegetationsphase oder darüber hinaus notwendig, kann sich eine Investition in die Wasserwiederverwendung lohnen. Die notwendigen Randbedingungen und Anpassungen sind zu überprüfen. Der Investitionsbedarf für die Umsetzung ist abzuschätzen. |

- ▶ Da nach Eigenauskunft das Interesse sehr hoch ist, wird der Bedarf hier als Positiv bewertet

- 1 ▶ 26.000 EW + industrielle Indirekteinleiter (inkl. einem Schlachthof)
  - 2 ■ Einleiter sind bekannt, aber nicht frei von Spurenstoffen und potenziell schädlichen Verunreinigungen!!
- 3 ▶ 4 Stufige Kläranlage inkl. 4. Reinigungsstufe zur Weitestgehenden P-Elimination
- 4 ▶ Erweiterung zur Spurenstoffelimination mittels Ozonung vor dem Filter geplant – Infos aus dem Ertüchtigungsbericht [HydroIngenieure, 2014]
- 5 ▶ ANNAHME: Die Spurenstoffelimination muss noch gebaut werden und die Ozonung wirkt nicht ausreichend desinfizierend

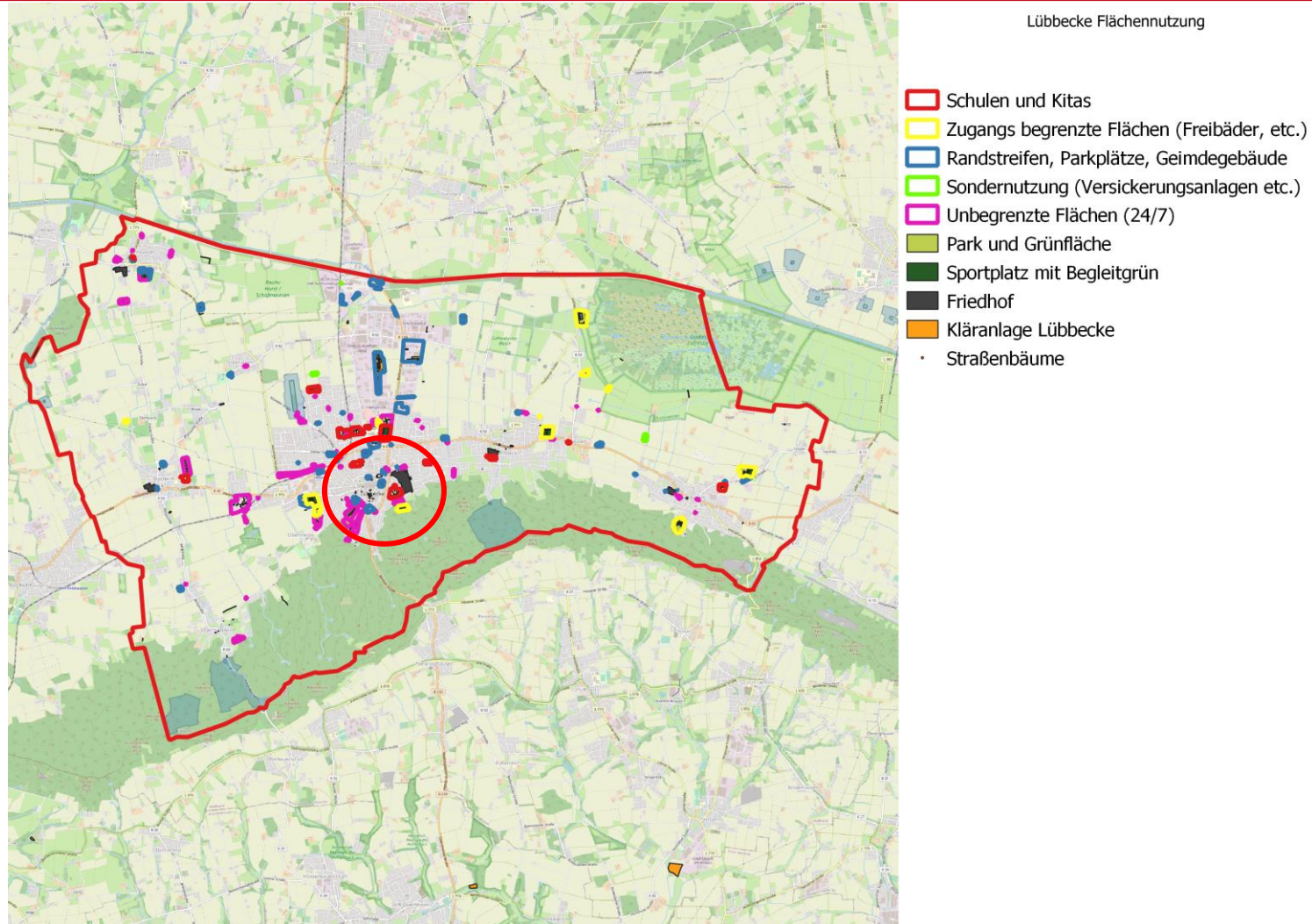


# Lübbecke – 2. Abwasser- & Technische Spezifikationen

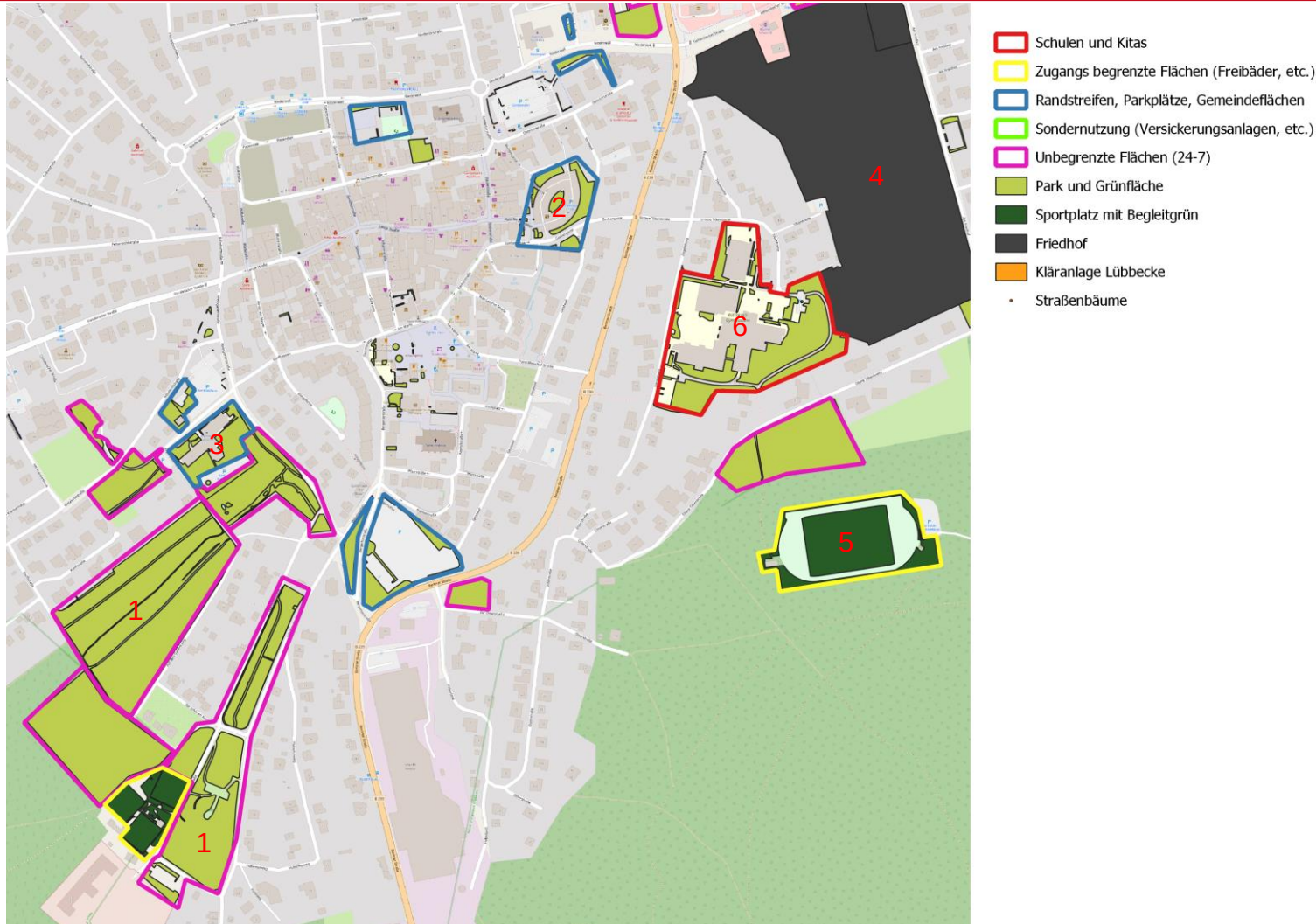
| Bewertung (Pkt.) | Abwasser- & technische Spezifikationen                                 |                                                                                                    |                                                       |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                  | Herkunft des Abwassers                                                 | Klärtechnik                                                                                        | Aufbereitungstechnik                                  |
| 0                | Nur Industrielles Abwasser                                             | 1 Stufig (z.B. nur Sedimentation o. Klärteich)<br>2 Stufig (Mechanische- und Sedimentations Stufe) |                                                       |
| 1                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 2                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 3                | Häusliches + Industrielles Abwasser                                    |                                                                                                    | UV / Ozon o. Chlor - Desinfektion                     |
| 4                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 5                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 6                | Häus. + Ind. Abwasser mit bekannten Indirekteinleitern                 |                                                                                                    | Sand Filtration + Desinfektion                        |
| 7                |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| 8                | Nur häusliches Abwasser                                                | 2 Stufig (vor-/ Belebung / Nachklärung)                                                            |                                                       |
| 9                |                                                                        | 4 Stufig inkl. Filtration                                                                          | Spurenstoffelimination + Desinfektion                 |
| 10               |                                                                        | Vorklärung + Membranbioreaktor                                                                     |                                                       |
| 11               |                                                                        | 4 Stufig inkl. Spurenstoffelimination                                                              |                                                       |
| 12               | Nur Regenwasser                                                        |                                                                                                    | Spurenstoff Elimination + Membranstufe + Desinfektion |
| <b>Summe</b>     |                                                                        |                                                                                                    |                                                       |
| Anmerkung        | Zur Wasserwiederverwendung geeignet, wenn min. 20 Pkt. erreicht werden |                                                                                                    |                                                       |
|                  |                                                                        | 4 Stufig = (3 Stufig mit Nachgeschalteten Prozess)                                                 | * Ultrafiltration < Nanofiltration < Umkehrosmose     |

- ▶ Spurenstoffelimination und Desinfektion notwendig!
- ▶ !! Engmaschiges Untersuchungsregime für Zu- & Abläufe sind dennoch zwingend notwendig!!

# Lübbecke – 3. Spezifikationen des Urbanen Grüns



# Lübbecke – 3. Spezifikationen des Urbanen Grüns





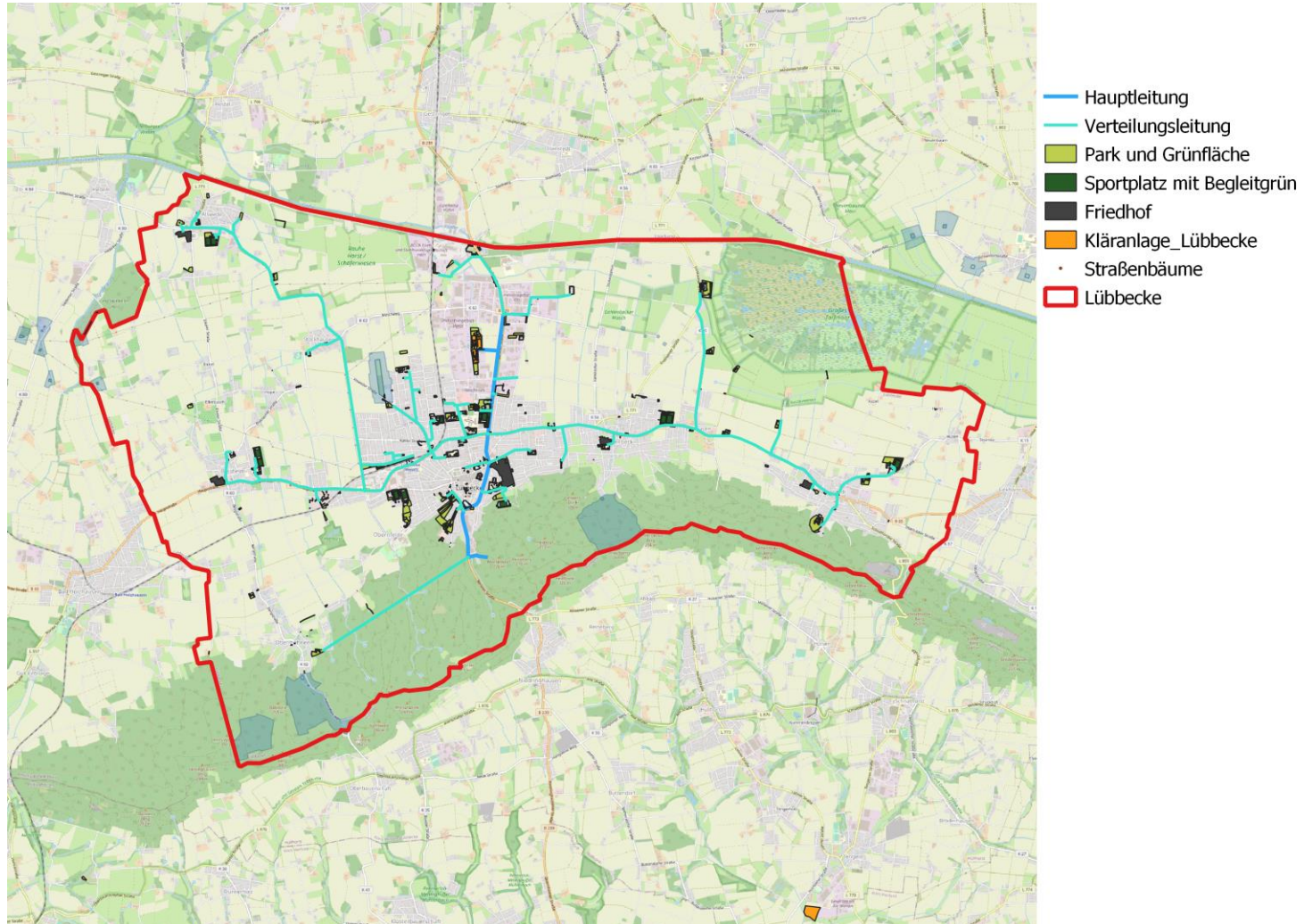
# Lübbecke – 3. Spezifikationen des Urbanen Grüns

| Bewertung (Pkt.) | Spezifikationen des urbanen Grüns                                                                                                   |                                                        |                                                      |                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                  | Flächennutzung                                                                                                                      | Zugangsberechtigte Personen                            | Zugangsbeschränkung / -Zeiten                        | Bewässerungssystem <sup>1</sup>         |
| 0                |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      | Beckenbewässerung<br>Furchenbewässerung |
| 1                |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      |                                         |
| 2                |                                                                                                                                     | uneingeschränkt                                        | uneingeschränkt                                      |                                         |
| 3                | öffentlicher Park, (Rasen-) Sportplatz, Privater Garten                                                                             | passiv unterwiesenes Publikum (z.B. Informationstafel) |                                                      | Beregnung                               |
| 4                |                                                                                                                                     |                                                        | Durch Schilder zugangsbeschränkte Flächen            | Sprühbewässerung                        |
| 5                |                                                                                                                                     | aktiv unterwiesenes Publikum (z.B. verbale Belehrung)  |                                                      |                                         |
| 6                |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      |                                         |
| 7                | Zierfläche / Schmuckbeet                                                                                                            |                                                        |                                                      |                                         |
| 8                | Friedhof                                                                                                                            |                                                        |                                                      |                                         |
| 9                | Gärtnerei / Botanischer Garten                                                                                                      |                                                        | Begrenzte Öffnungszeiten                             | Tropfenbewässerung*                     |
| 10               | Straßenbegleitgrün                                                                                                                  | Beschränkter Personenkreis (z.B. Arbeiter*innen)       | Durch physische Barrieren zugangsbeschränkte Flächen | Bewässerungssack***                     |
| 11               | Straßenbaum                                                                                                                         |                                                        |                                                      | unterirdische Flachbewässerung*         |
| 12               |                                                                                                                                     | Nicht Zugänglich                                       | Nicht öffentlich Zugänglich                          | unterirdische Tiefbewässerung**         |
| <b>Summe</b>     |                                                                                                                                     |                                                        |                                                      |                                         |
| Anmerkung        | Zur Wasserwiederverwendung geeignet, wenn min. 16 Pkt. Erreicht werden (Wenn keine absolute Keimfreiheit gewährleistet werden kann) |                                                        |                                                      |                                         |

- ▶ 1 = Öffentliche Wiese (3Pkt) + uneingeschränkter Zugang (2 Pkt.) + uneingeschränkte Zeiten (2 Pkt.) → Nur Tröpfchen- oder unterirdische Bewässerung möglich
- ▶ 2 = „Parkplatz Begleitgrün“ (10 Pkt.) + uneingeschränkter Zugang (2 Pkt.) + uneingeschränkte Zeiten (2 Pkt.) → Beregnung / Handbewässerung möglich
- ▶ 3 = Randbegrünung Rathaus (7Pkt.) + uneingeschränkter Zugang (2 Pkt.) + uneingeschränkte Zeiten (2 Pkt.) → Sprühbewässerung möglich
- ▶ 4 = Friedhof Lübbecke (8 Pkt.) + uneingeschränkter Zugang (2 Pkt.) + Begrenzte Öffnungszeiten (9 Pkt.) → Beregnung außerhalb der Öffnungszeiten möglich
- ▶ 5 = Waldstadion Lübbecke (3Pkt.) + Beschränkter Personenkreis (10 Pkt.) + Begrenzte Öffnungszeiten (9 Pkt.) → Beregnung außerhalb der Öffnungszeiten möglich
- ▶ 6 = Schulhof (3 Pkt.) + aktiv unterwiesenes Publikum (6 Pkt.) + Begrenzte Öffnungszeiten (9 Pkt.) → Beregnung außerhalb der Öffnungszeiten möglich

- ▶ Spezifikationen gibt die Möglichkeiten vor
  - Sie sind kein Ersatz für eine detaillierte Risikobetrachtung!
- ▶ Bewässerung außerhalb der Öffnungszeiten – Wie lange vor Eröffnung ist ausreichend?
- ▶ Bewässerung von Schulhöfen, Altenheimen etc. prinzipielle Ideal, da beschränkte Öffnungszeiten und z.B. Schüler\*innen aktiv unterwiesen werden
  - Sind hier besonders vulnerable Gruppen anzutreffen?
- ▶ Generell sollten alle Flächen gekennzeichnet werden
  - Idealerweise mit Bewässerungszeiten
  - Beispiel Rathaus Grünfläche

# Lübbecke – 4. Infrastrukturelle Anbindung



- ▶ Verbrauchsnahe Zentralkläranlage → Relativ ideale Voraussetzungen
- ▶ Hypothetische Verteilung über einen Gegenbehälter auf der Südlichen Anhöhe
  - Hydraulische Höhe reicht aus → Nur ein Pumpwerk von der Kläranlage ist notwendig
- ▶ Alle urbanen Flächen wurden mit Rohrleitungen verbunden
  - 4300 m Hauptleitung & 35200 m Verteilungsleitung
- ▶ Ausgelegt nach  $Q_{D,Max} = 382 \text{ m}^3/\text{d}$ 
  - Abgabensteuerung: Klarwasser zur Bewässerung steht nur zw. 22 – 06 Uhr zur Verfügung
  - $382 \text{ m}^3 / 8\text{h} = 85,25 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \text{Min. DN 200 Leitung erforderlich}$
- ▶ 2 Szenarien zur Befüllung des Speichers:
  - A) Die Kläranlage fördert 24 h aufbereitetes Klarwasser →  $V = 591,07 \text{ m}^3$
  - B) Die Kläranlage fördert nur von 20 – 08 Uhr aufbereitetes Klarwasser →  $V = 363,73 \text{ m}^3$

## ► Überschlägige reine Investitionskosten nach [Mutschmann, 2019]

- Kosten hängen zusätzlich von der baulichen Gestaltung und den Bauplatzverhältnissen ab und können je nach Konjunktur und lokalen Unterschieden in den Grundstückspreisen zu starken Abweichungen führen!!

| Versorgungsleitung (DN200)           | sp. Kosten<br>[€/m] | länge<br>[m] | Kosten<br>[€] |
|--------------------------------------|---------------------|--------------|---------------|
|                                      | 608                 | 39500        | 24016000,00   |
| Pumpwerk (bauliche Kosten) [€]       |                     |              | 825000,00     |
| Hydraulische Ausrüsten (300 m H) [€] |                     |              | 209500,00     |
| Hochbehälter                         | Szenario A          |              | Szenario B    |
| Kosten [€]                           | 1.017.500,00        |              | 595.400,00    |
| Investitionskosten Infrastruktur [€] | 25.645.900,00       |              | 26.068.000,00 |

- Speichergröße hat nur unwesentlichen Einfluss auf Investition
  - Größerer Speicher bedeutet mehr Sicherheit und weniger Spülintervalle
- Unter der Annahme von 1,43 €/m<sup>3</sup> (ohne weitere Abgaben) wären nach 60 sehr trockenen Jahren davon nur ca. 10 mio. € eingenommen!
  - Größere Mengen Notwendig (z.B. Synergien mit der Landwirtschaft oder Höhere Preise)



1

2

3

4

5

## Diskussion in Arbeitsgruppen

# 5. Diskussion in Arbeitsgruppen

## ► Wie Beurteilen Sie die Bewertungsmatrix?

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- Ist diese Matrix hilfreich und praxistauglich?
  - Wer sollte diese Matrix benutzen?
  - Ist die Matrix sinnvoll aufgebaut und strukturiert?
  - Welche Ausschlusskriterien sollten erwähnt werden?
  - Sonstige Anmerkungen / Verbesserungsvorschläge?