

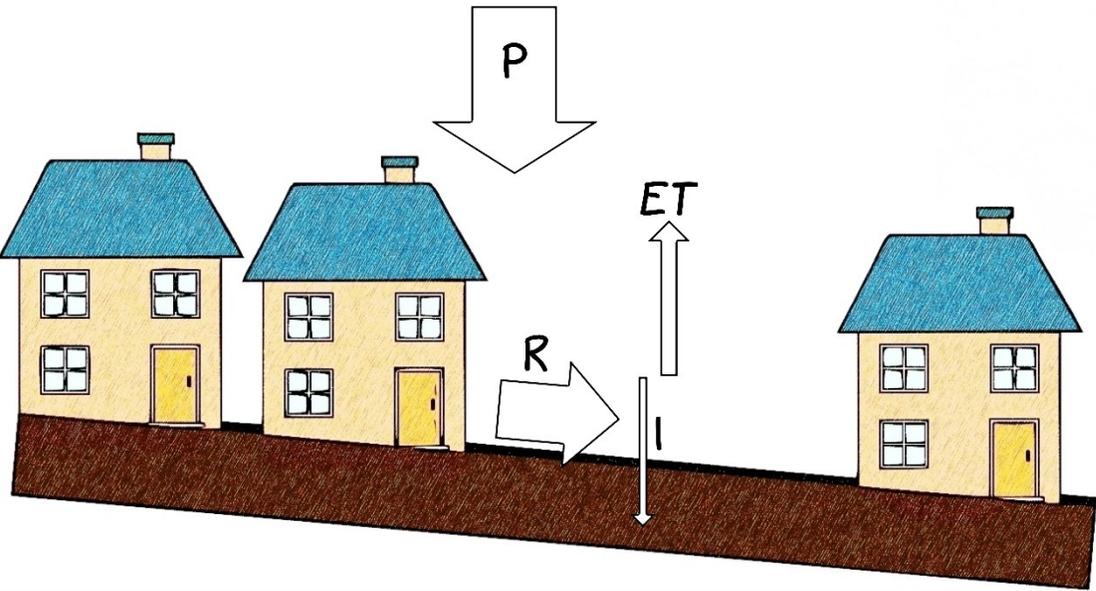
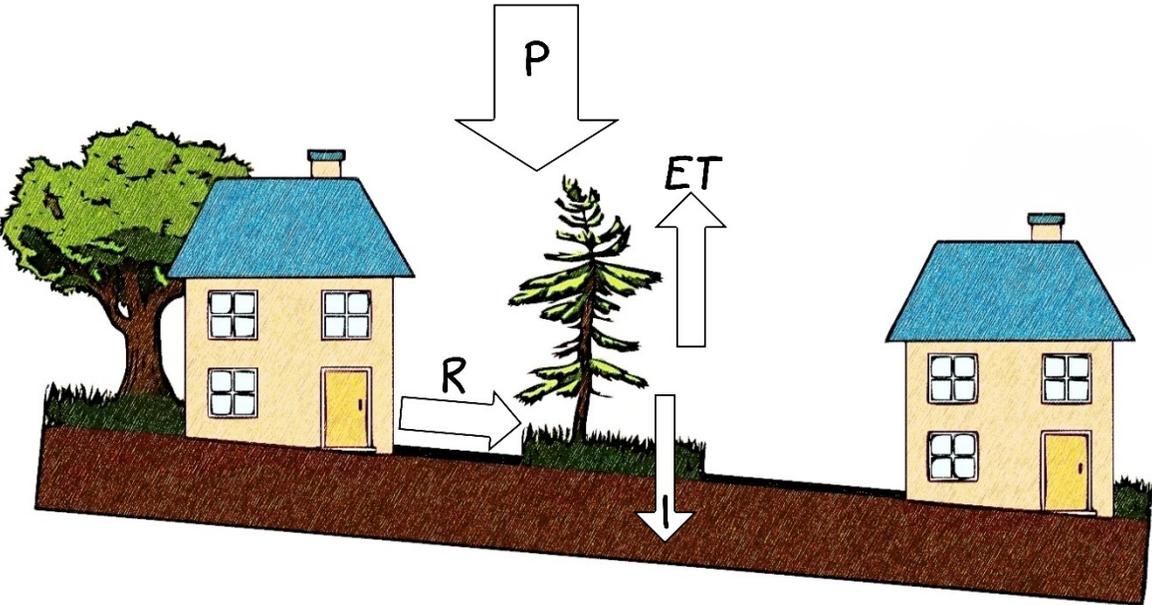
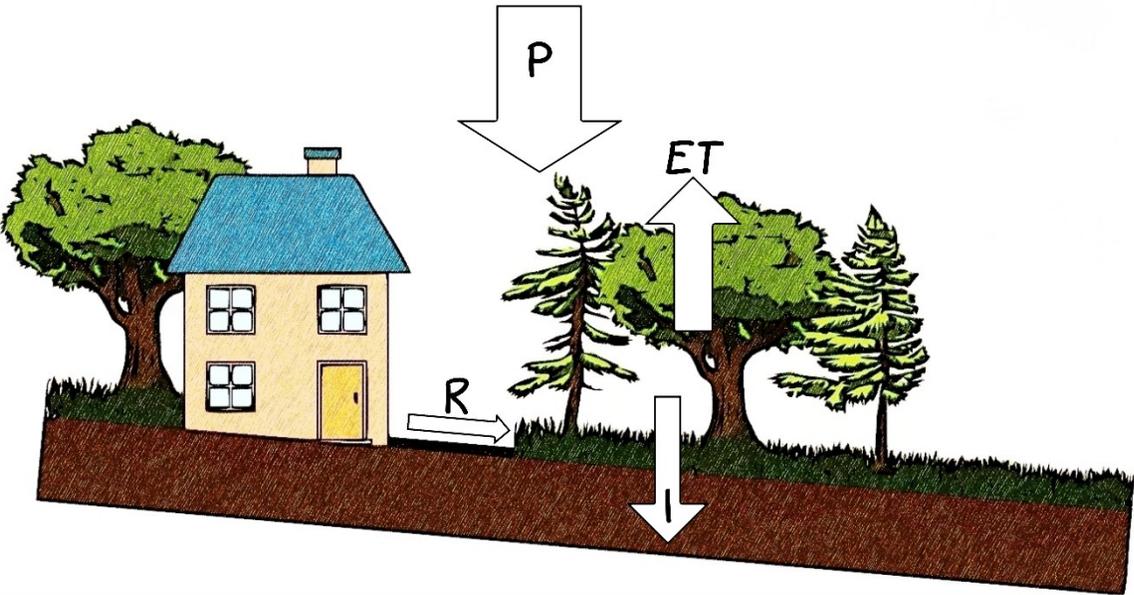
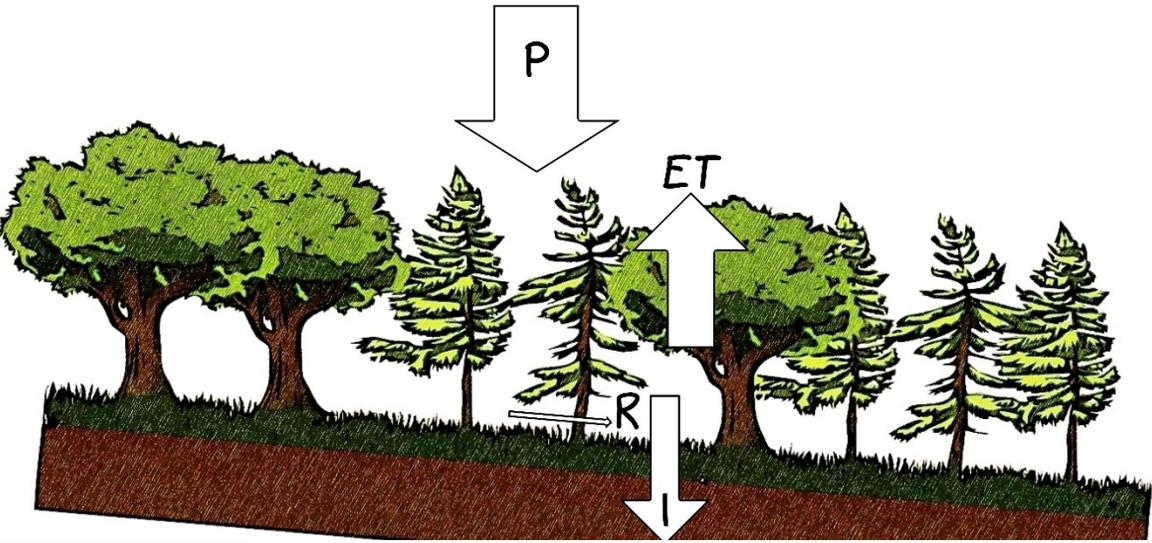


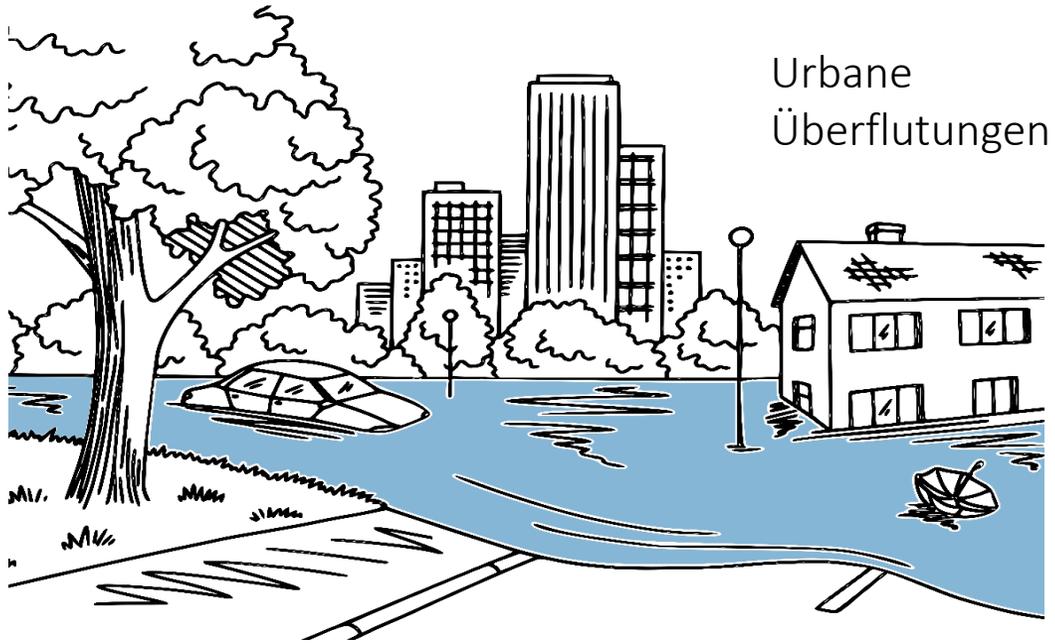
Back to the roots-

Mit grüner Infrastruktur zurück zur natürlichen
Wasserbilanz

Johannes Leimgruber

P - Niederschlag, R - Abfluss, ET - Evapotranspiration, I - Infiltration





Urbane
Überflutungen



Biodiversität



Urbane Hitzeinseln



Freiraumqualität

Naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB)



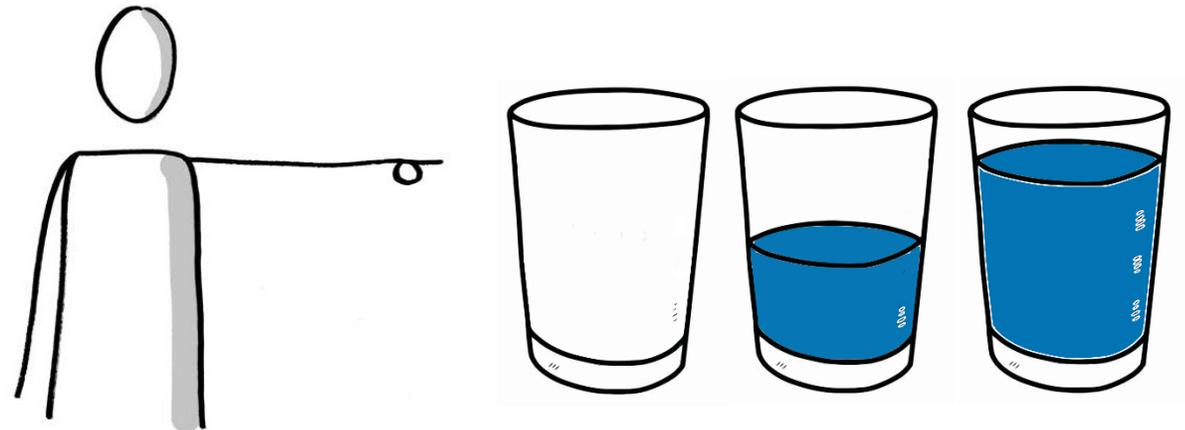
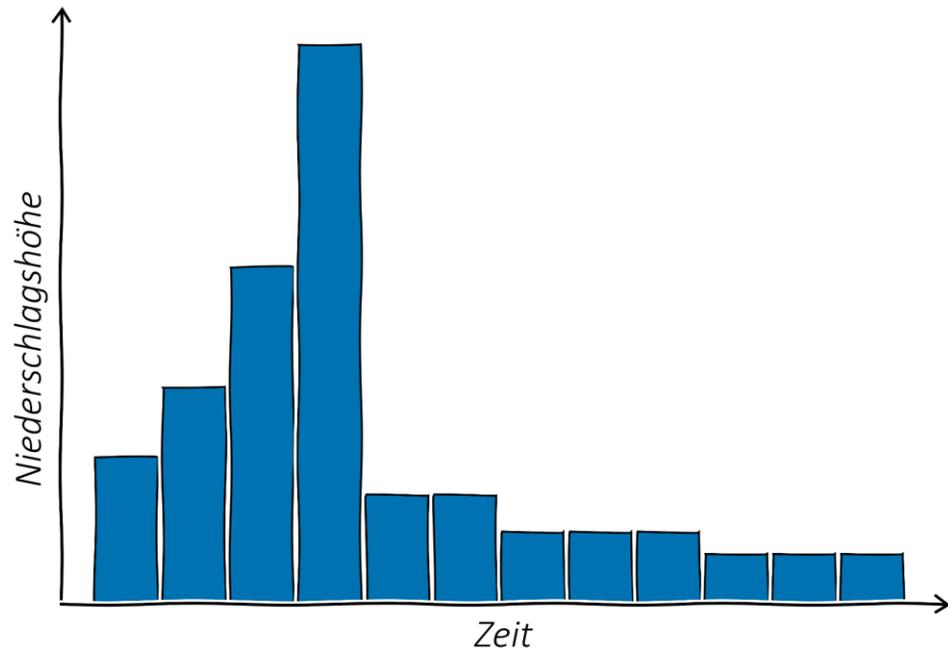
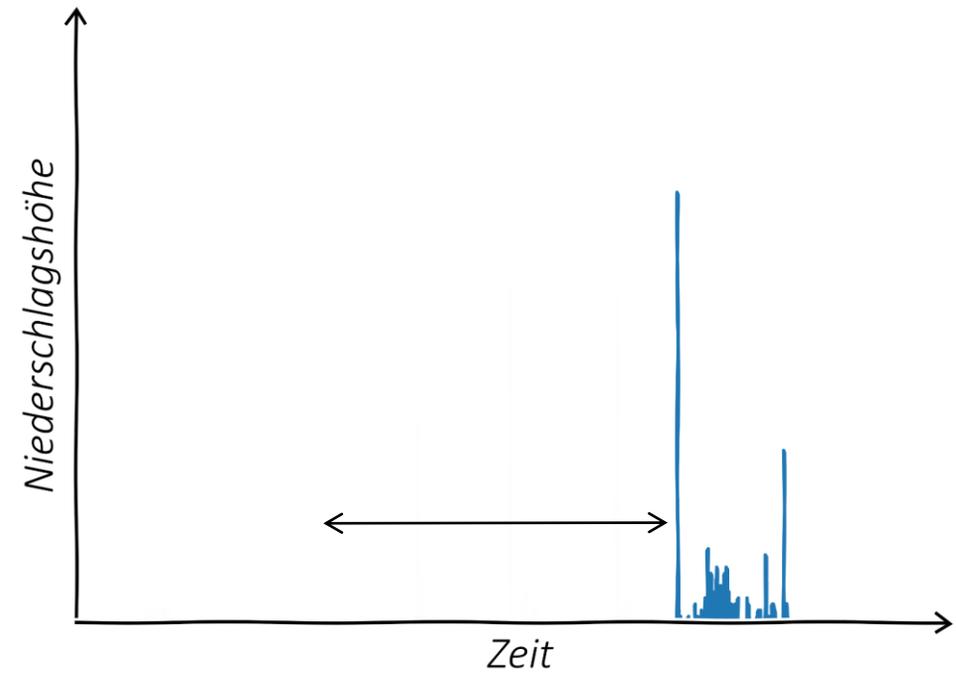
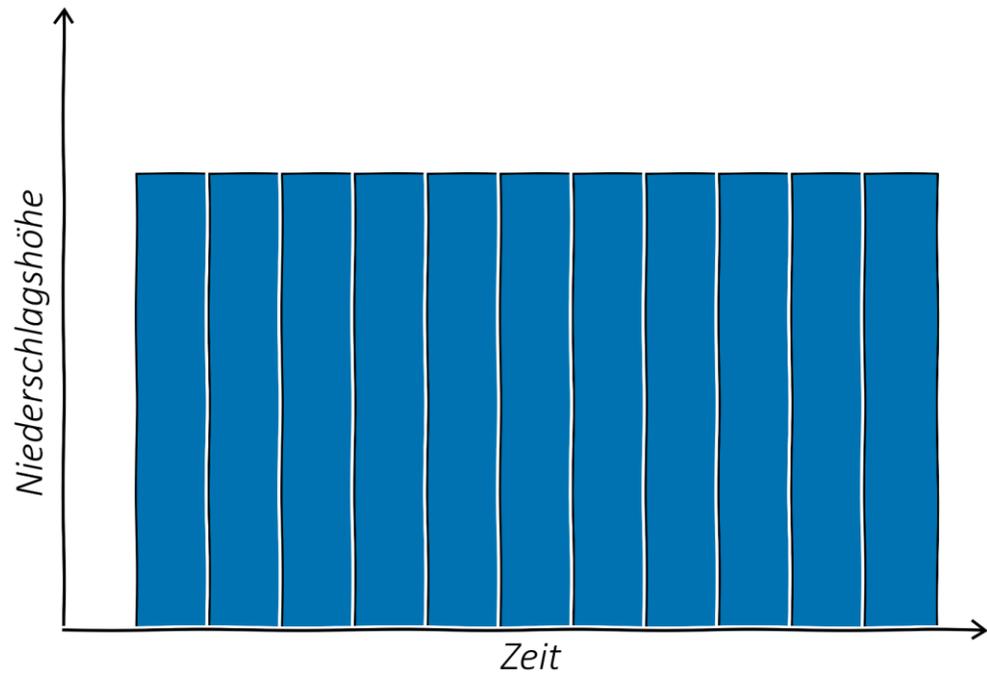
- Abmildern der negativen Auswirkungen der Urbanisierung
 - Reduzieren der Abflussvolumina
 - Dämpfen der Abflussspitzen
 - Anreichern des Grundwassers
 - Erhöhen der Evapotranspiration
- Annäherung an „natürliche“ Wasserbilanz



Bewertung der Leistungsfähigkeit / Dimensionierung

- Speichervolumen = Zuflussvolumen - infiltrierte Menge
- Nur Abfluss berücksichtigen?
- Bemessungsniederschlag?





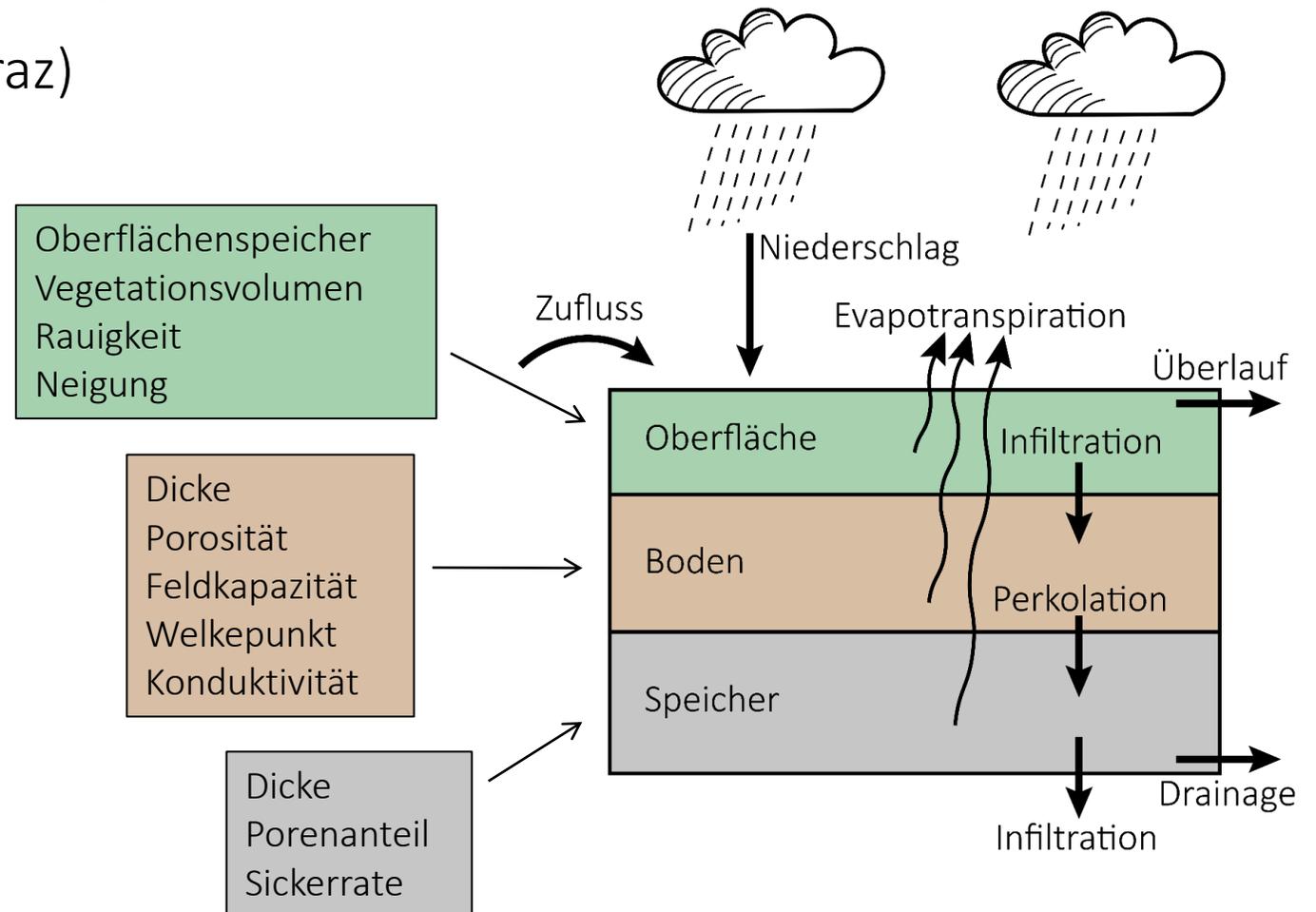
Ansatz zur Bewertung der Leistungsfähigkeit

- Hydrologische Simulation
- Berücksichtigung aller Wasserbilanzkomponenten
- Verwendung gemessener Niederschlagszeitreihen
- Langzeitsimulation
 - Niederschlagskontinuum
 - Hydrologische Bedingungen am Start eines Niederschlagsereignisses



Hydrologische Simulation

- U.S. EPA Storm Water Management Model – SWMM
- 10 Jahre Niederschlagskontinuum (Graz)



Hydrologische Simulation

- U.S. EPA Storm Water Management Model – SWMM
- 10 Jahre Niederschlagskontinuum (Graz)

- Berechnung der Wasserbilanz:

$$P = R + ET + GR + \Delta S$$

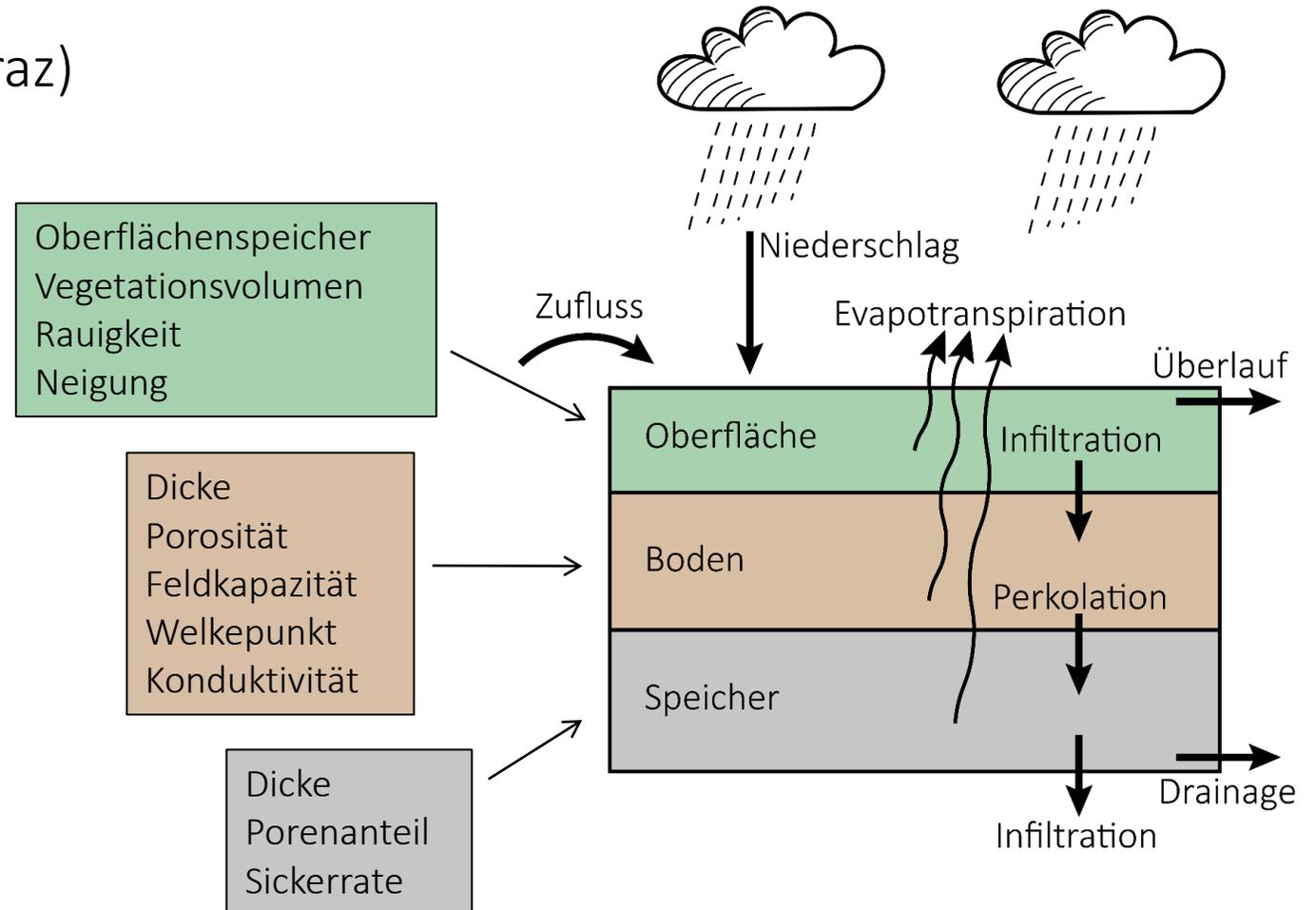
P Niederschlag

R Abflussvolumen

ET Evapotranspiration

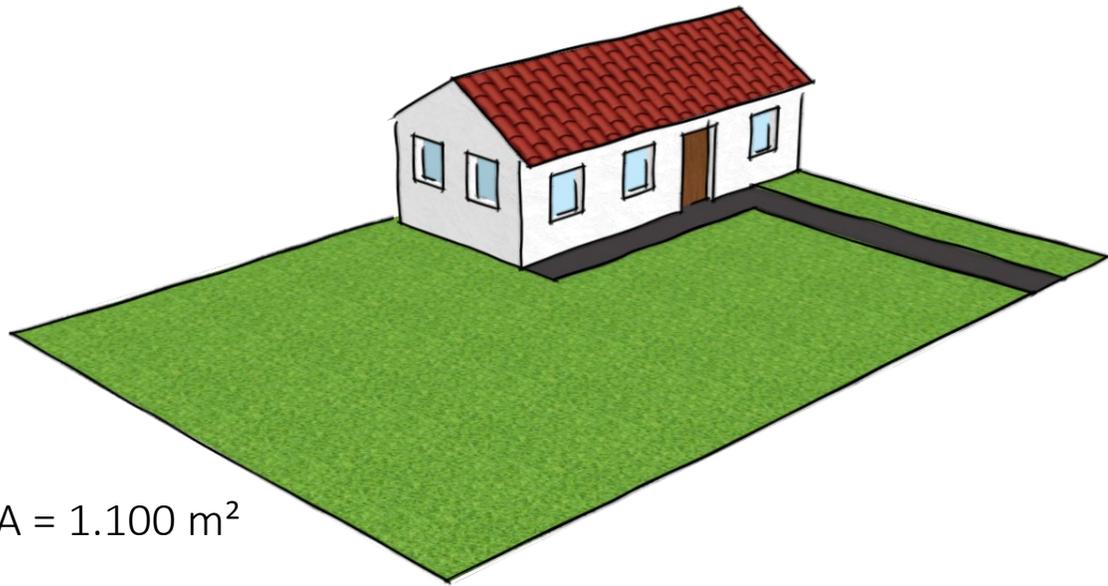
S Speicher

GR Grundwasseranreicherung

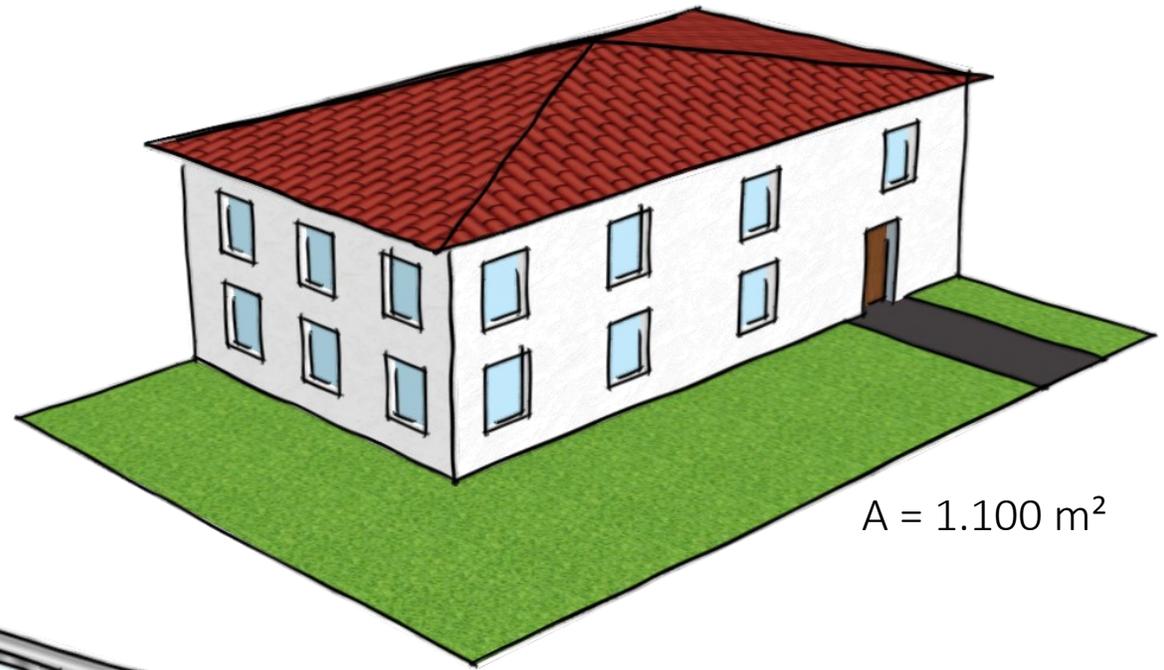


Methodik zur Bewertung der NWB-Maßnahmen

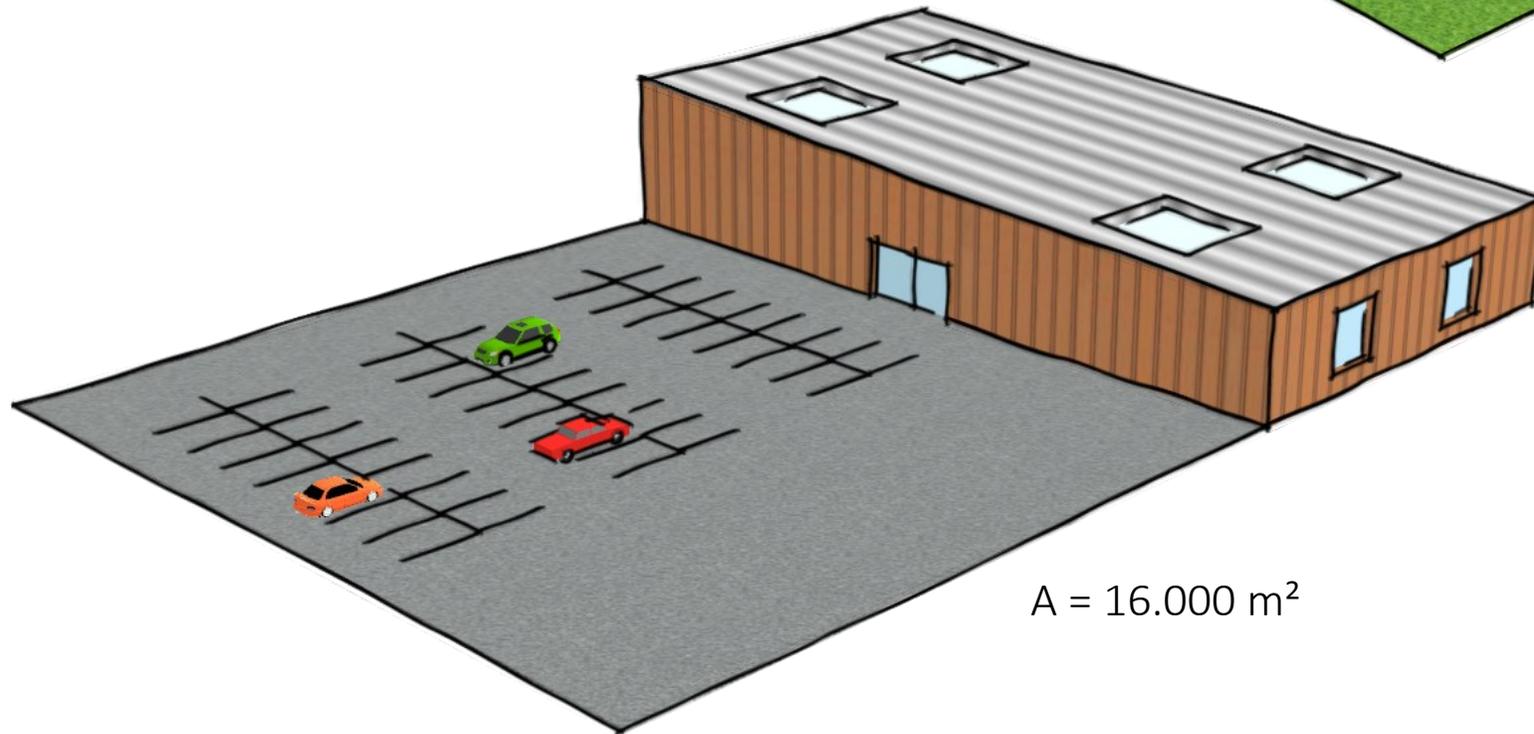
- Drei Fallbeispiele:
 - a) Wohngebiet mit geringem Bebauungsgrad
 - b) Wohngebiet mit hohem Bebauungsgrad
 - c) Gewerbegebiet



$A = 1.100 \text{ m}^2$



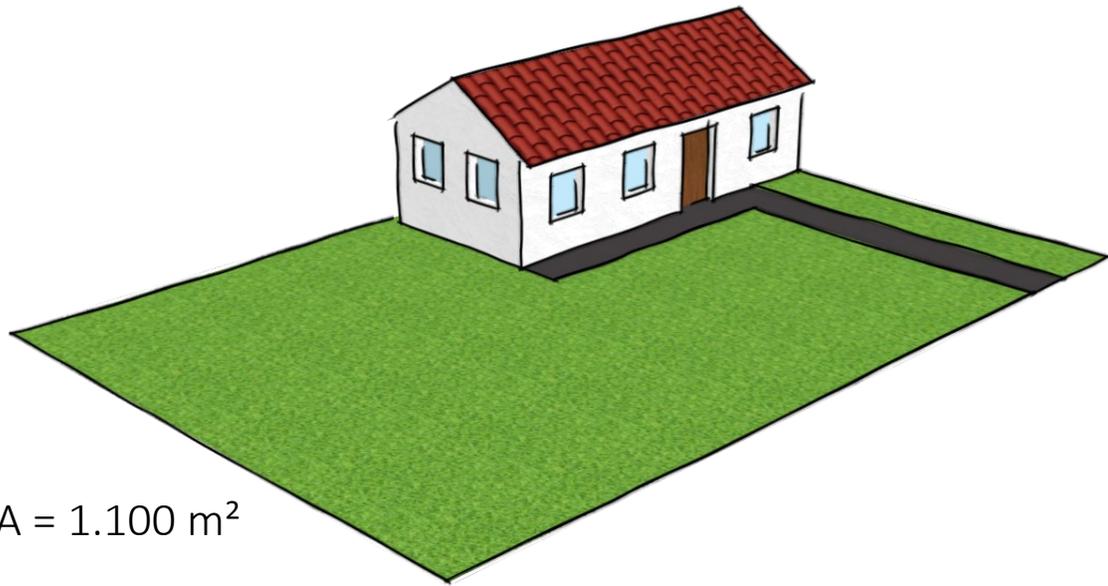
$A = 1.100 \text{ m}^2$



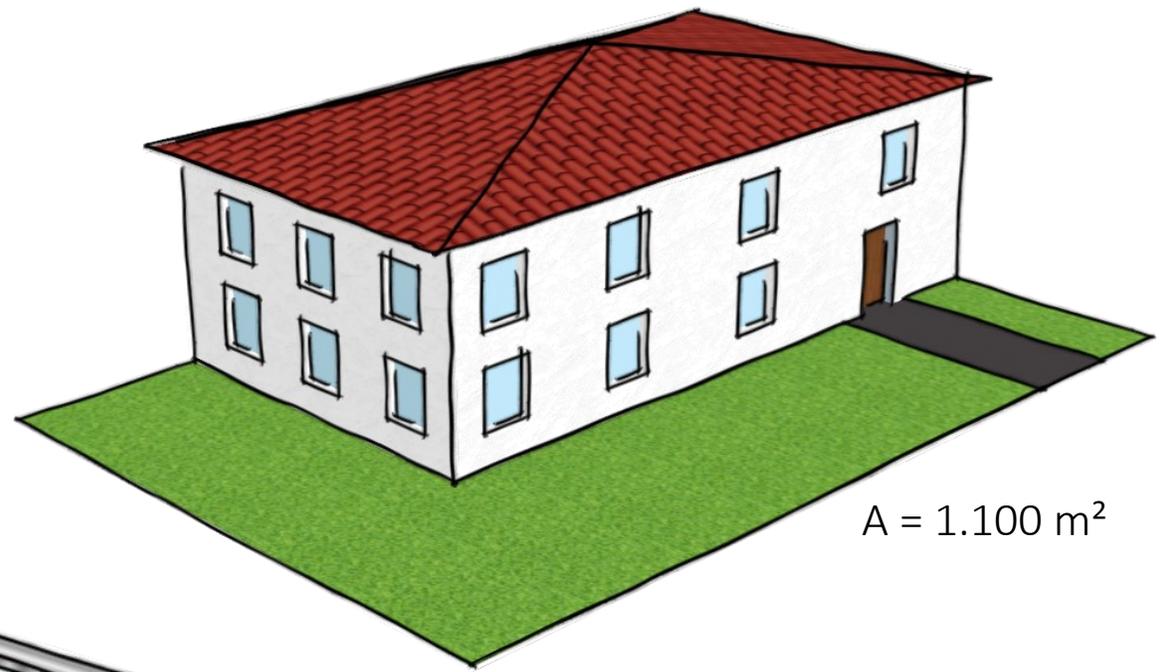
$A = 16.000 \text{ m}^2$

Methodik zur Bewertung der NWB-Maßnahmen

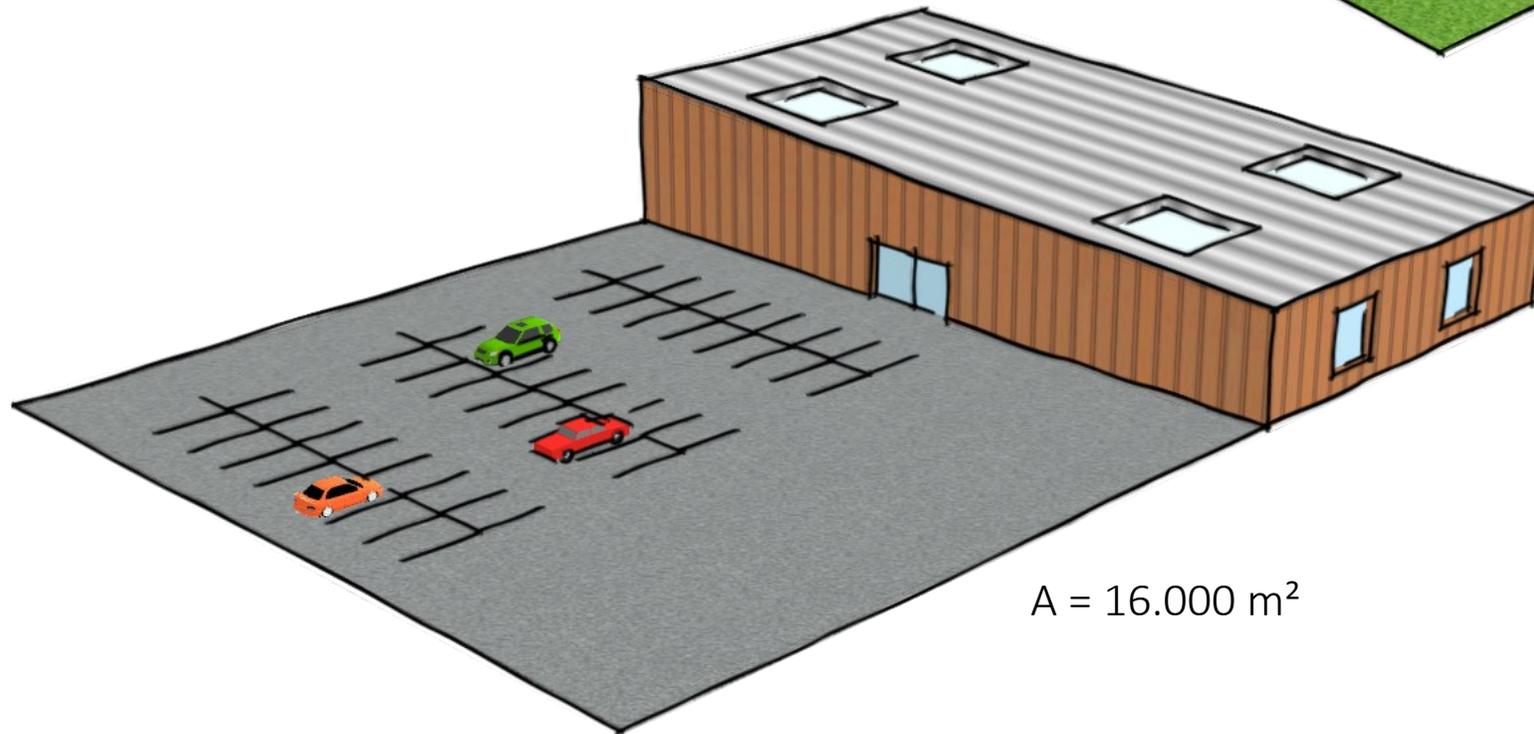
- Drei Fallbeispiele:
 - a) Wohngebiet mit geringem Bebauungsgrad
 - b) Wohngebiet mit hohem Bebauungsgrad
 - c) Gewerbegebiet
- Bestimmung einer potenziellen Fläche für NWB-Maßnahmen (A_{pot})



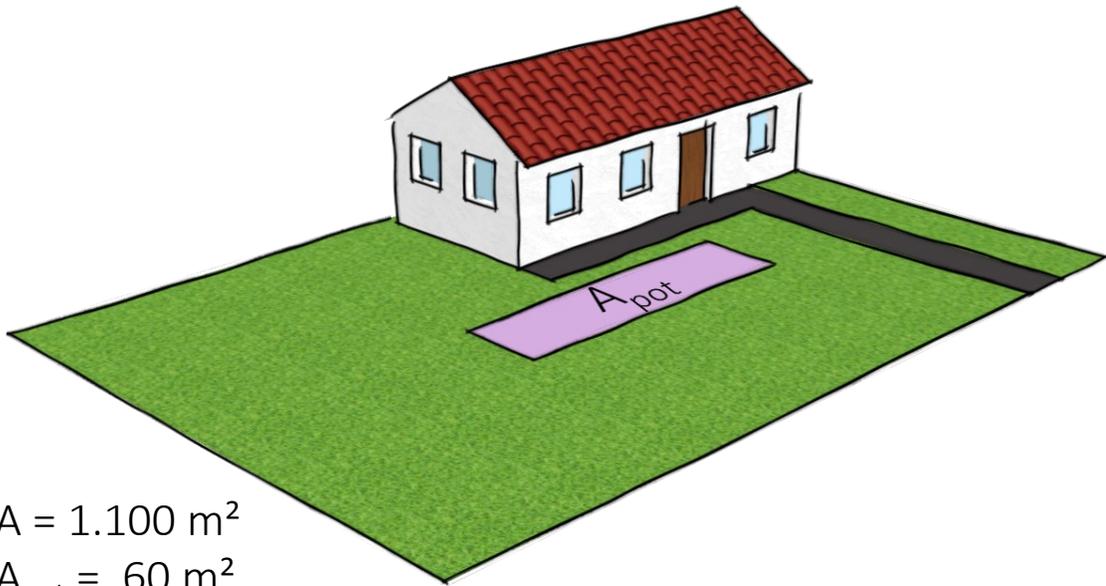
$A = 1.100 \text{ m}^2$



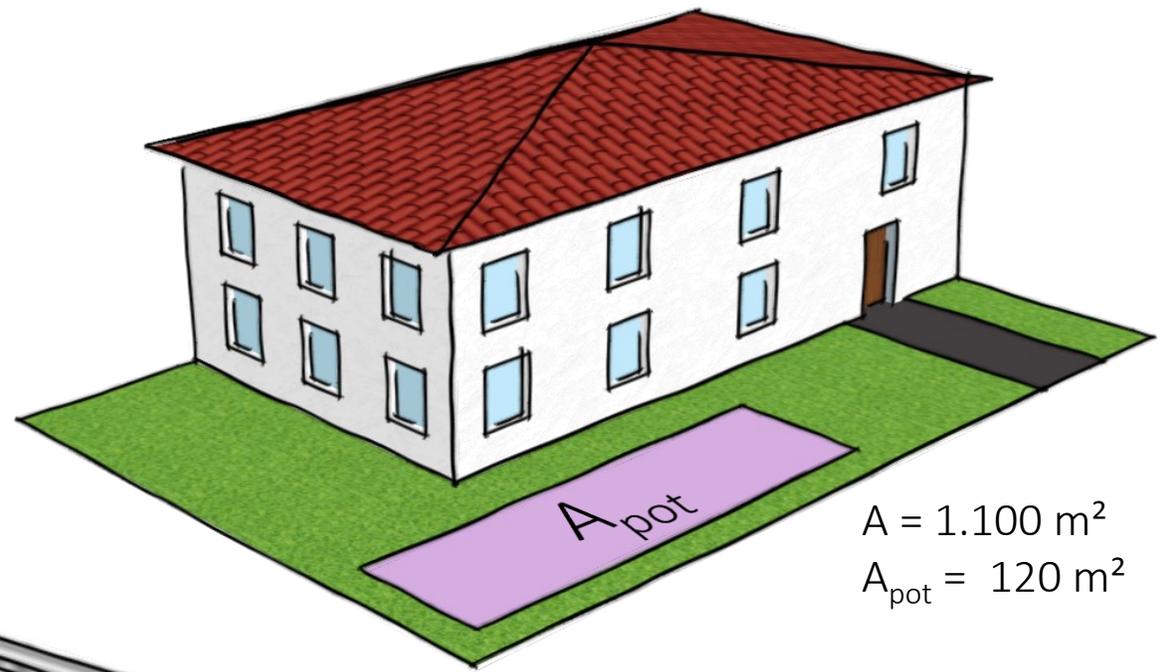
$A = 1.100 \text{ m}^2$



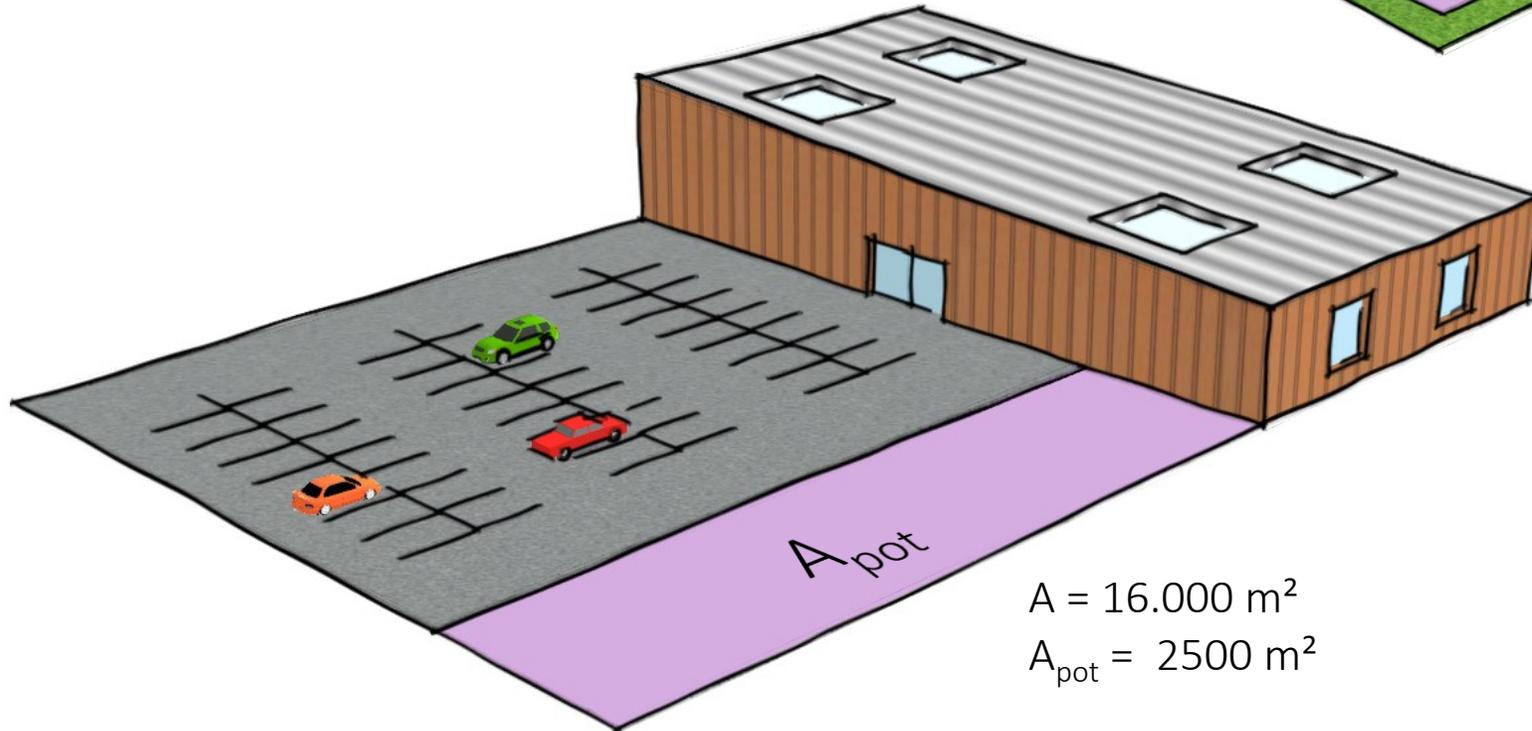
$A = 16.000 \text{ m}^2$



$$A = 1.100 \text{ m}^2$$
$$A_{\text{pot}} = 60 \text{ m}^2$$



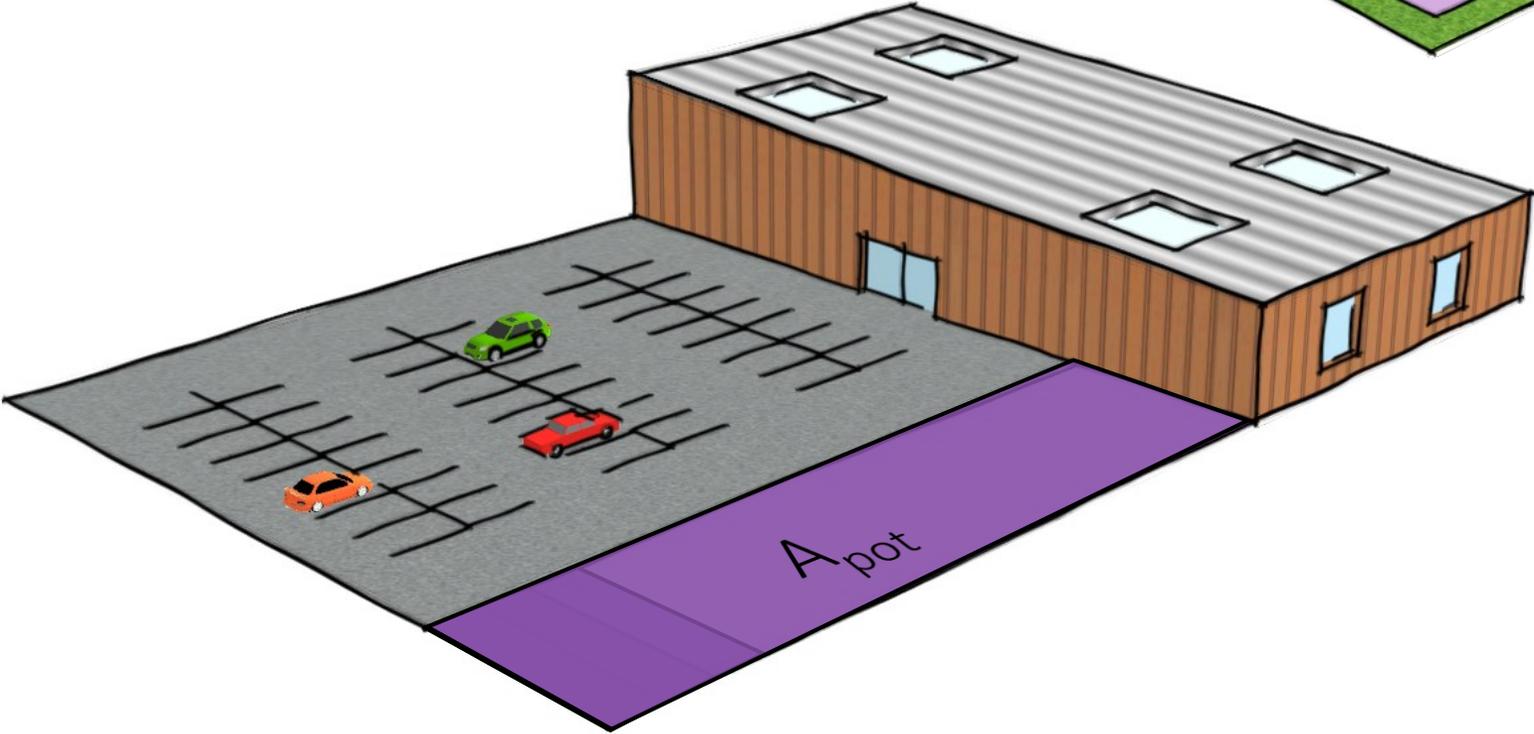
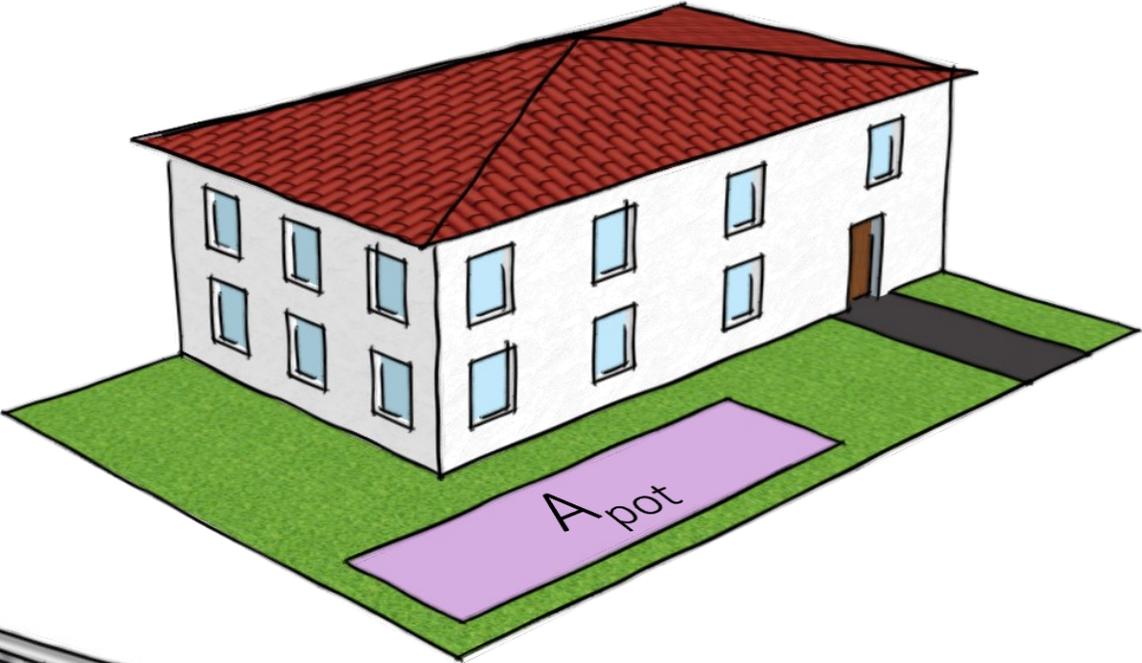
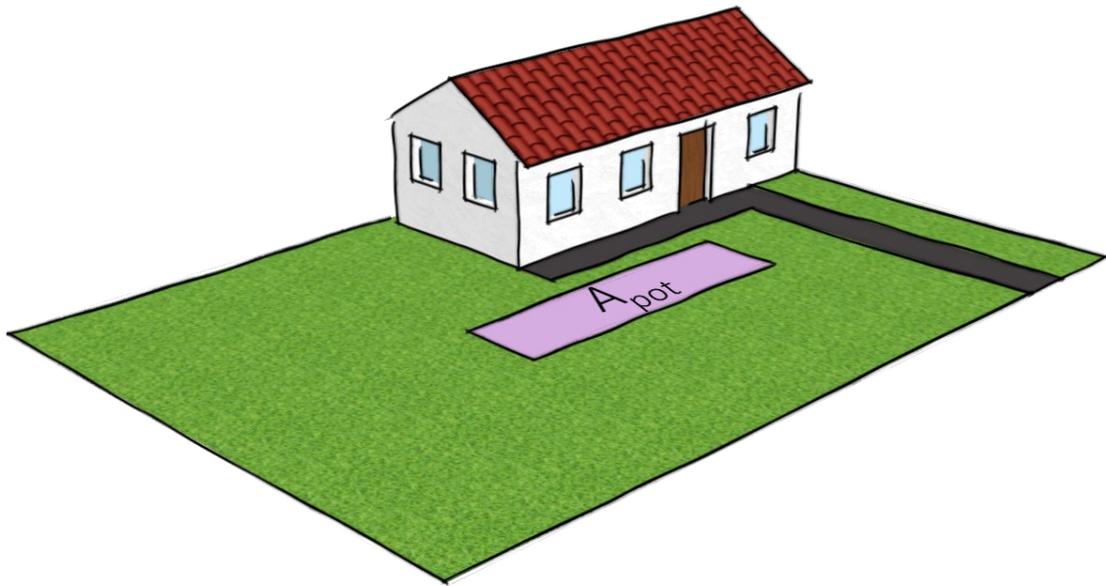
$$A = 1.100 \text{ m}^2$$
$$A_{\text{pot}} = 120 \text{ m}^2$$



$$A = 16.000 \text{ m}^2$$
$$A_{\text{pot}} = 2500 \text{ m}^2$$

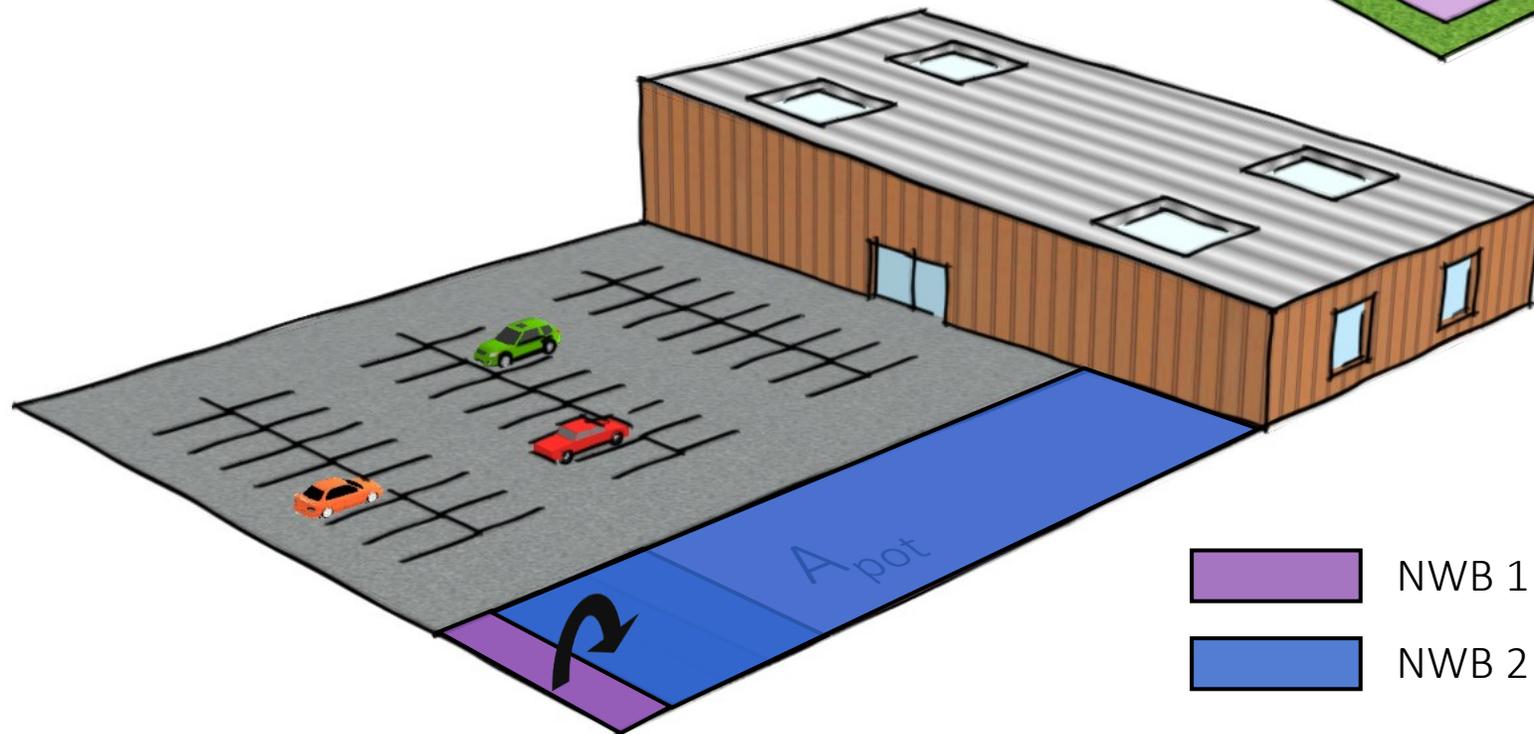
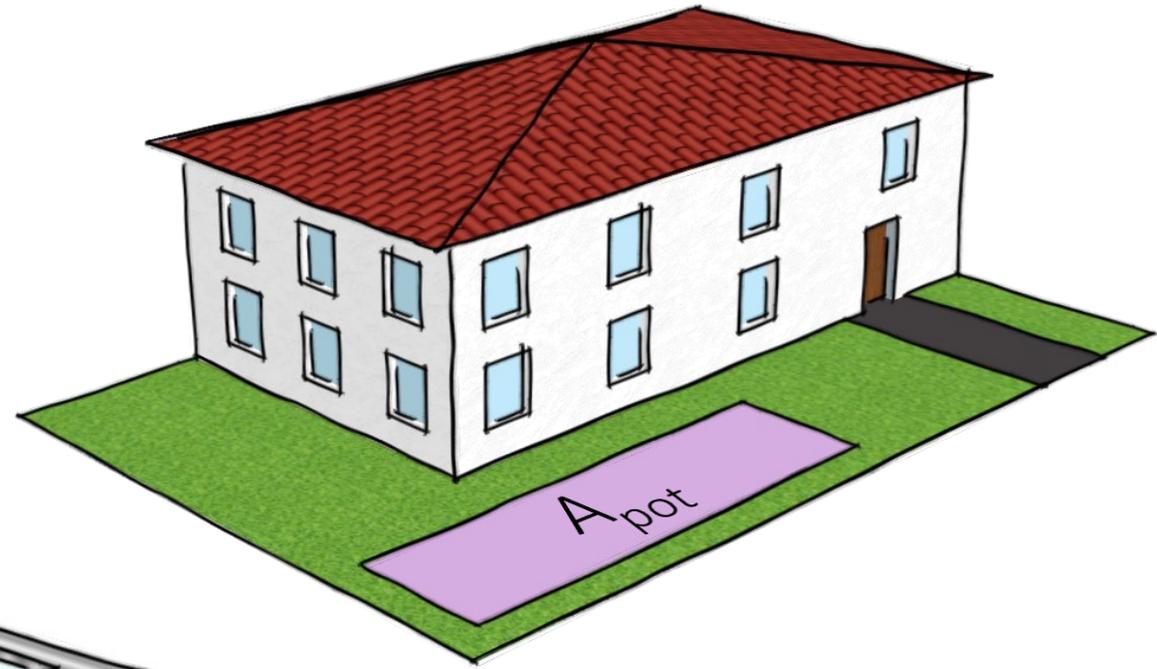
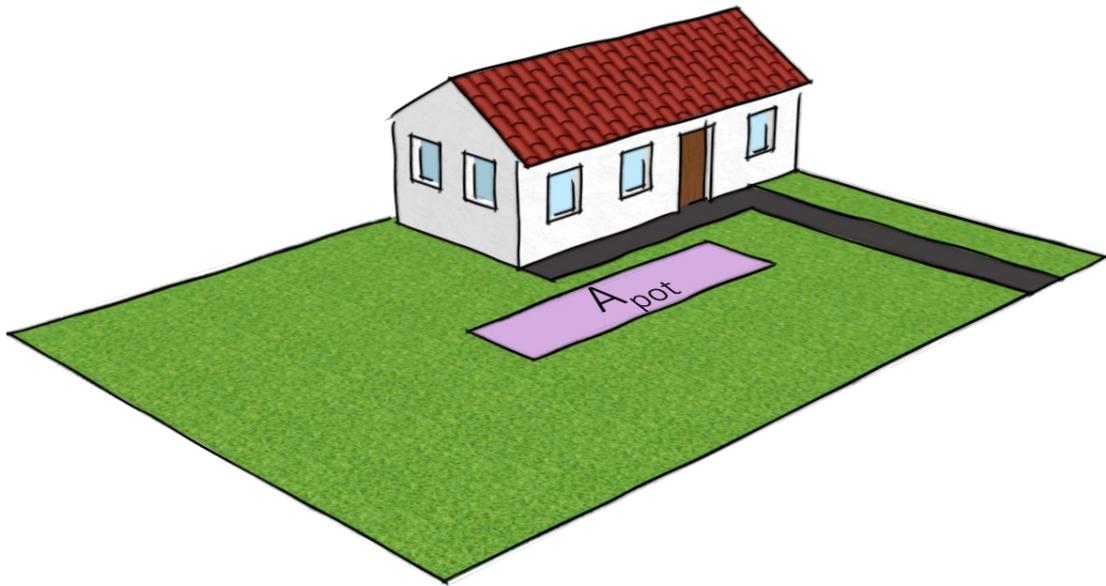
Methodik zur Bewertung der NWB-Maßnahmen

- Drei Fallbeispiele:
 - a) Wohngebiet mit geringem Bebauungsgrad
 - b) Wohngebiet mit hohem Bebauungsgrad
 - c) Gewerbegebiet
- Bestimmung einer potenziellen Fläche für NWB-Maßnahmen (A_{pot})
- Inkrementell ansteigende Fläche der NWB-Maßnahme bis A_{pot}

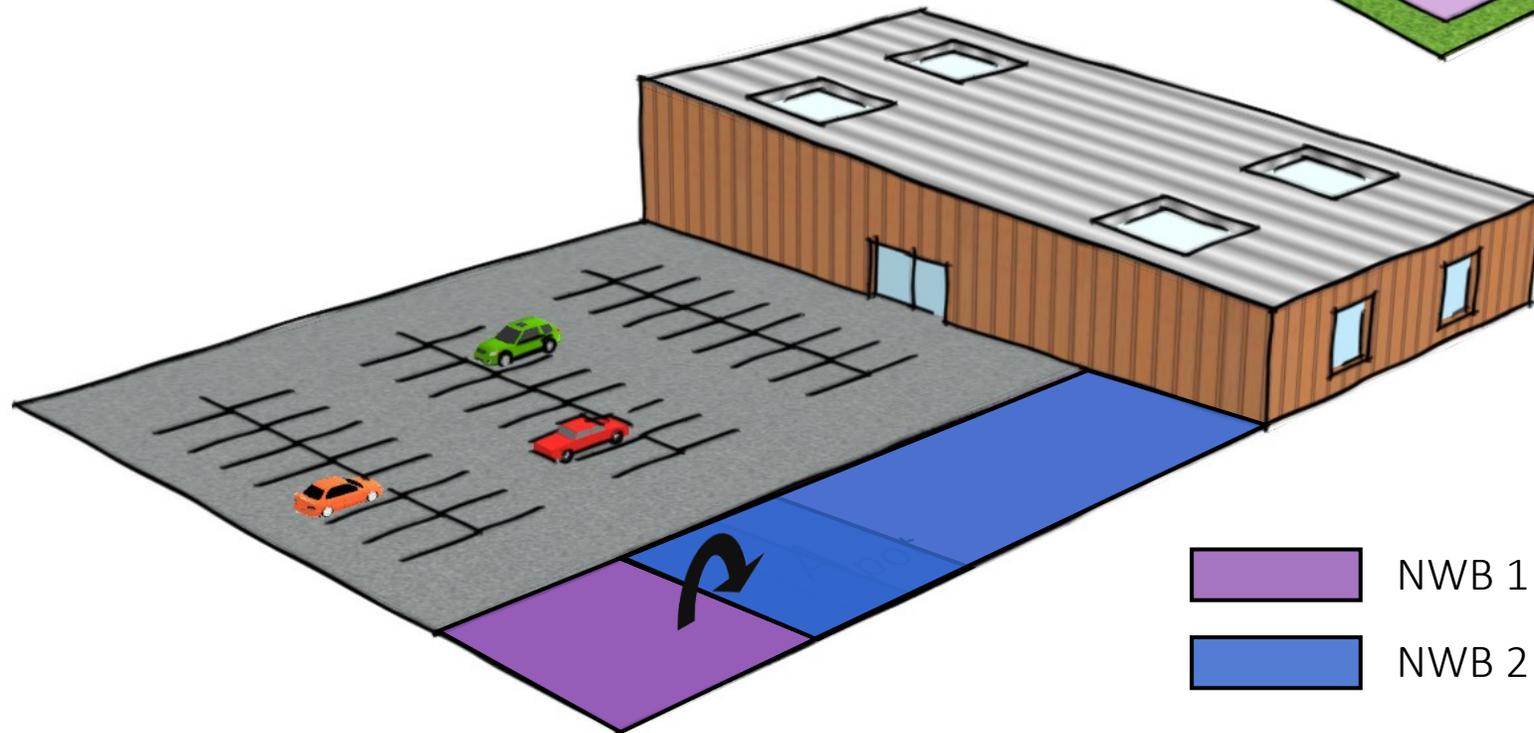
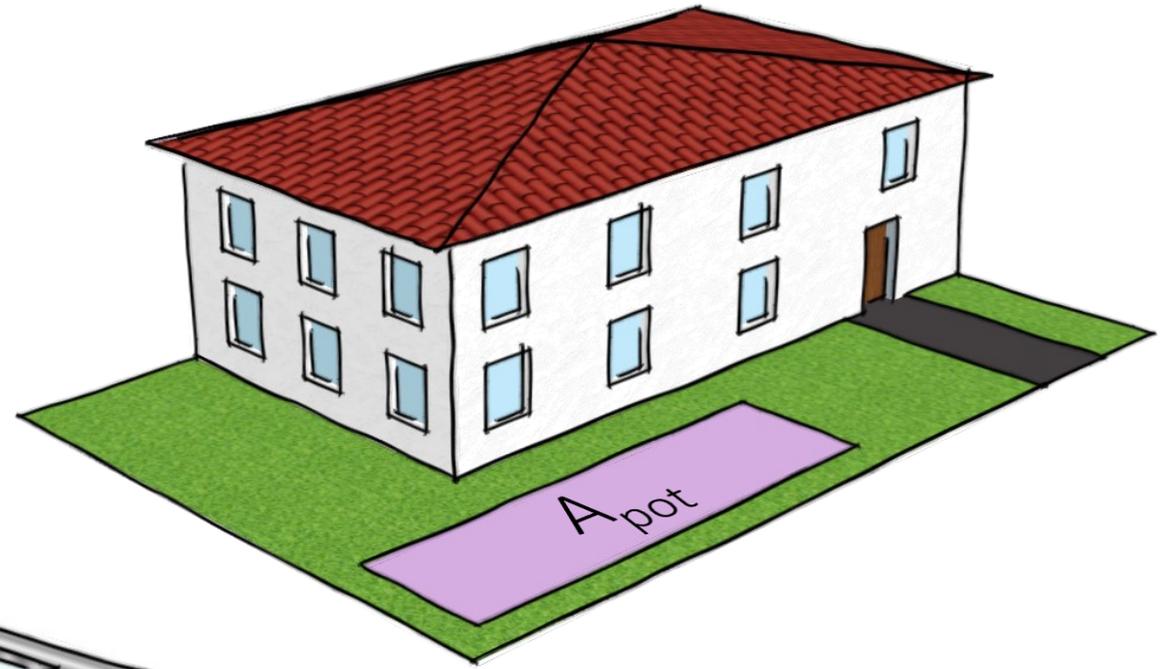
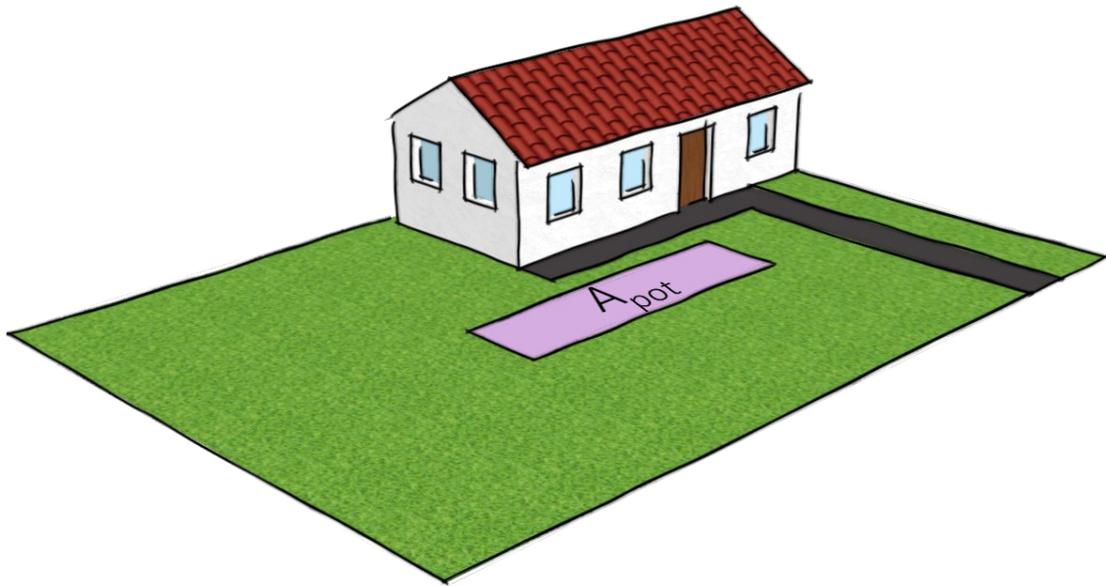


Methodik zur Bewertung der NWB-Maßnahmen

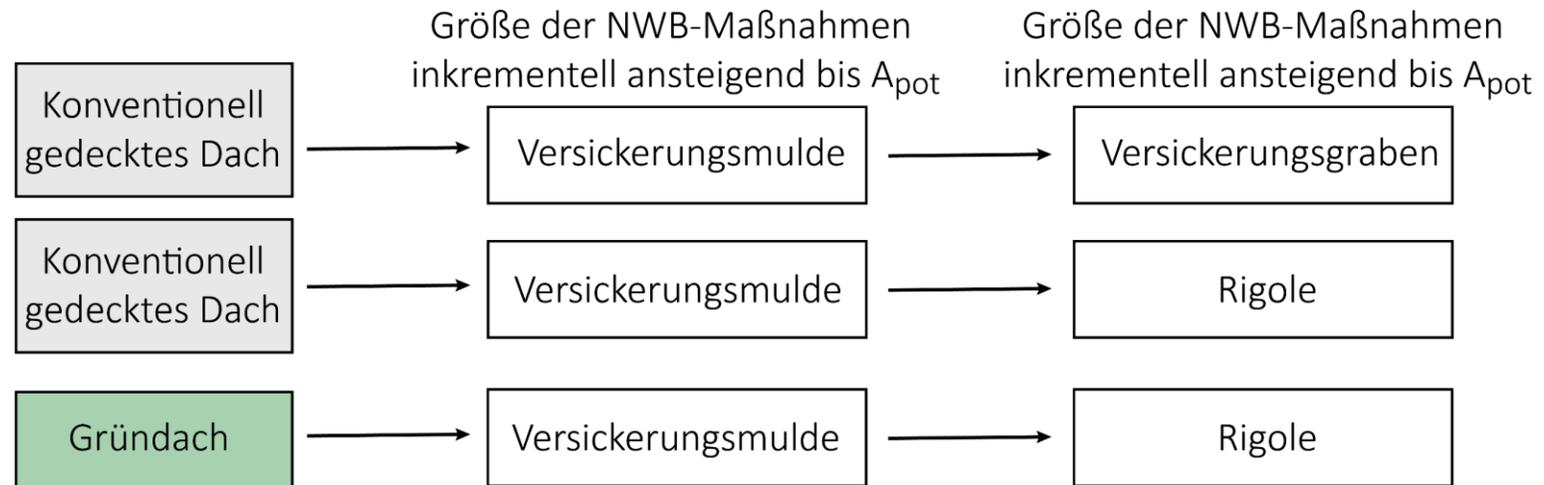
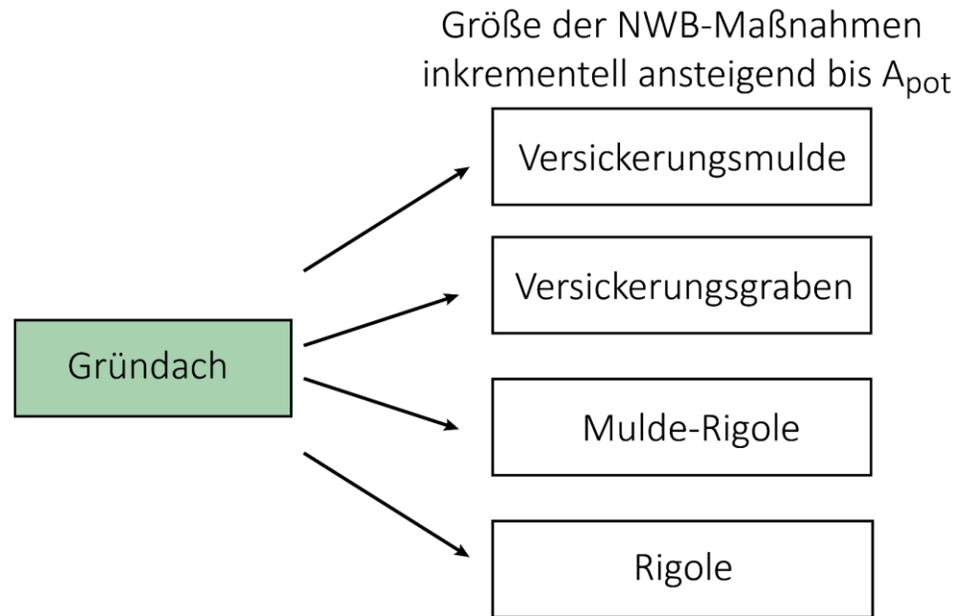
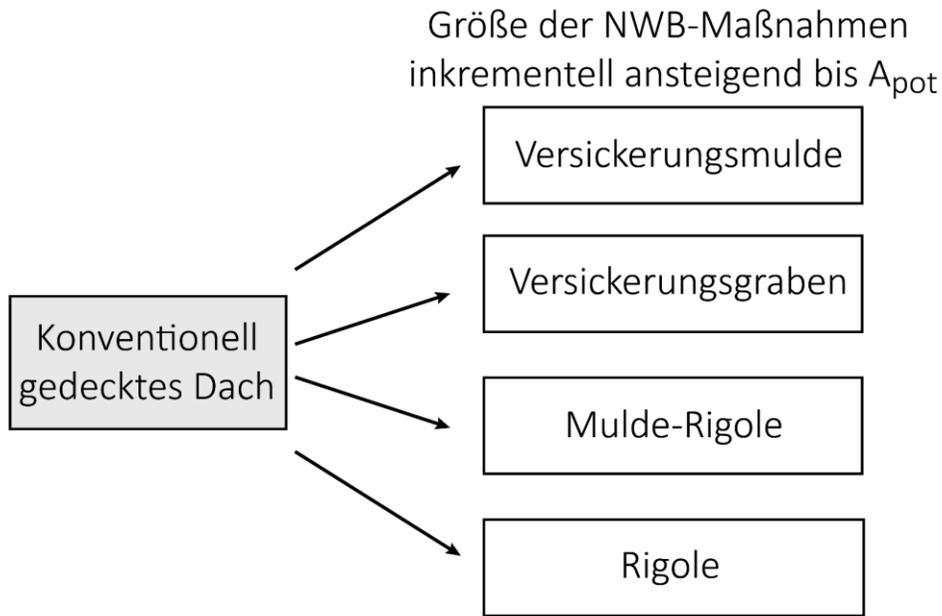
- Drei Fallbeispiele:
 - a) Wohngebiet mit geringem Bebauungsgrad
 - b) Wohngebiet mit hohem Bebauungsgrad
 - c) Gewerbegebiet
- Bestimmung einer potenziellen Fläche für NWB-Maßnahmen (A_{pot})
- Inkrementell ansteigende Fläche der NWB-Maßnahme bis A_{pot}
- Simulation von einzelnen NWB-Maßnahmen und NWB-Maßnahmen-Kaskaden



-  NWB 1
-  NWB 2

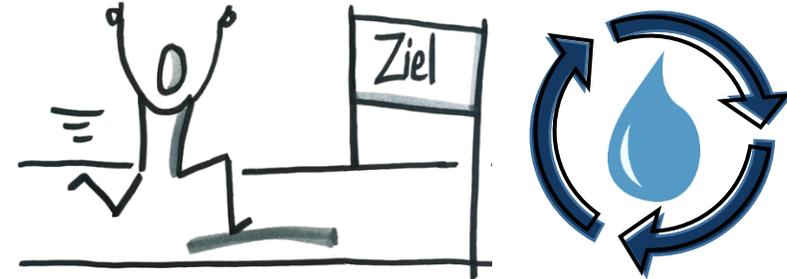


-  NWB 1
-  NWB 2



Auswahlkriterien für NWB-Maßnahmen

- Wasserbilanz
 - Abweichung von Zielzustand



- Lebenszykluskosten
 - Errichtungskosten
 - Betriebs-/Instandhaltungskosten
 - Dynamischer Kostenvergleich

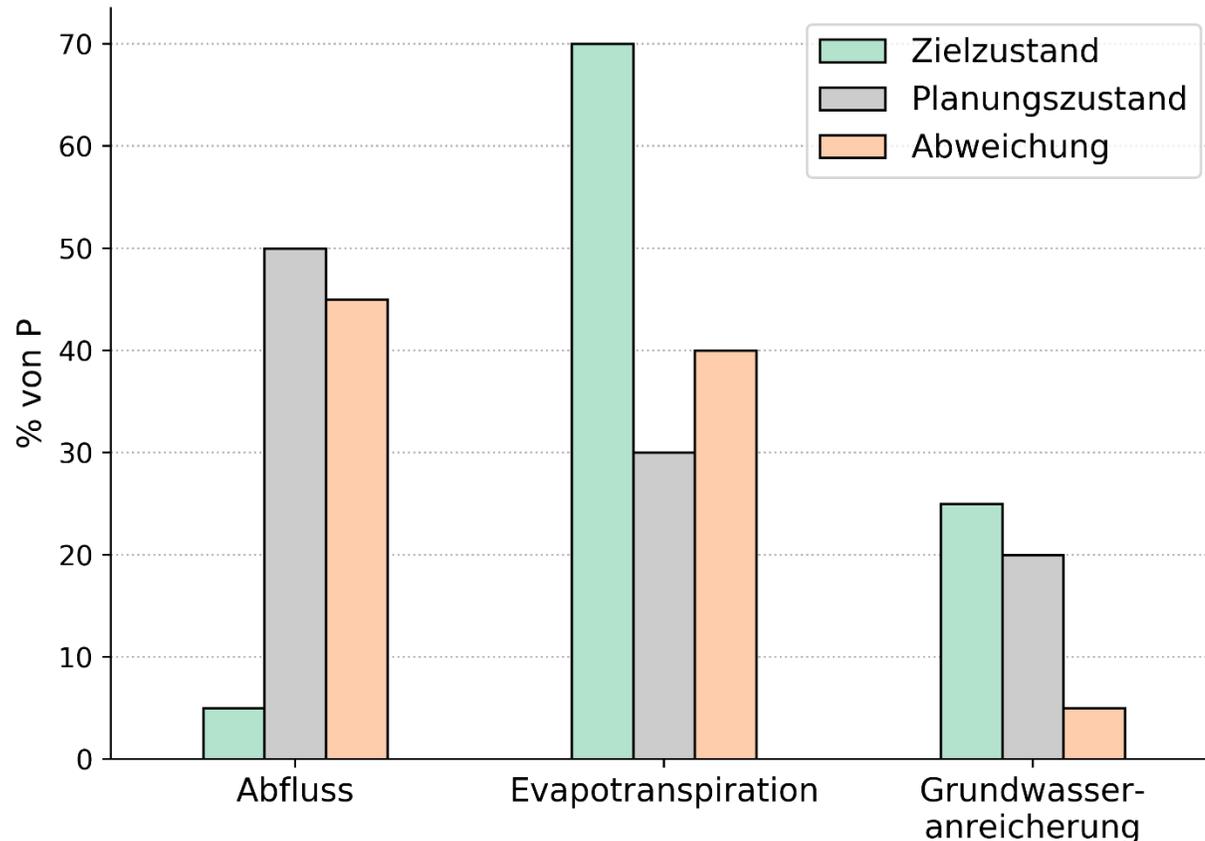


- Flächenverbrauch



Abweichung von Ziel-Wasserbilanz

$$D_{WB} = \overline{R_{sim} - R_Z} + \overline{ET_{sim} - ET_Z} + \overline{GR_{sim} - GR_Z}$$

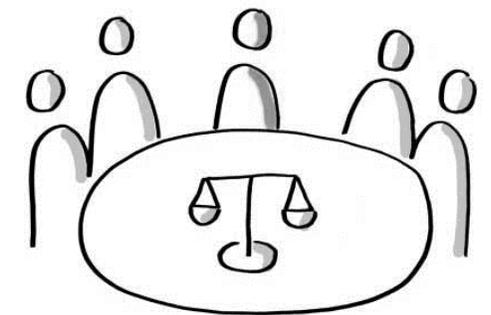
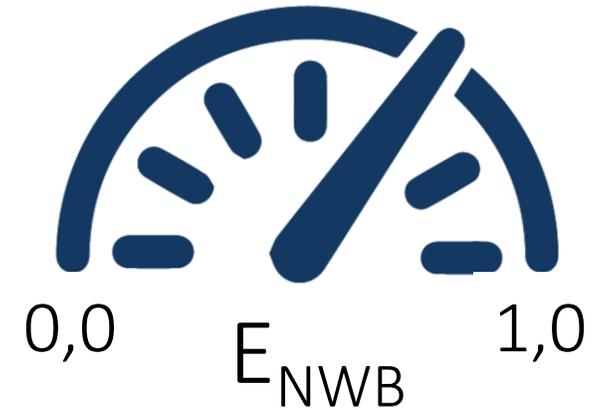


- D_{WB} Abweichung von Ziel-Wasserbilanz
- R_{sim} Abflussvolumen im simulierten Planungszustand
- R_Z Abflussvolumen im Zielzustand
- ET_{sim} Evapotranspiration im simulierten Planungszustand
- ET_Z Evapotranspiration im Zielzustand
- GR_{sim} Grundwasseranreicherung im simulierten Planungszustand
- GR_Z Grundwasseranreicherung im Zielzustand

Effizienz der NWB-Maßnahme

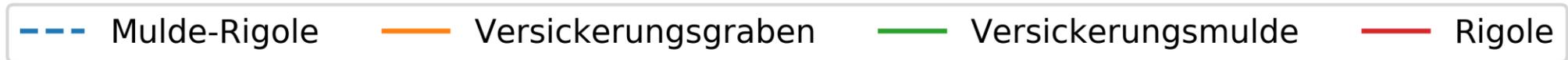
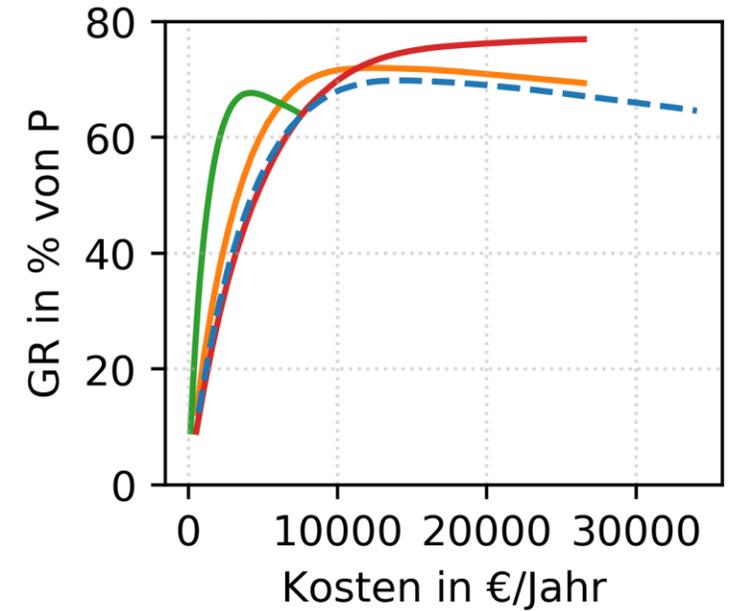
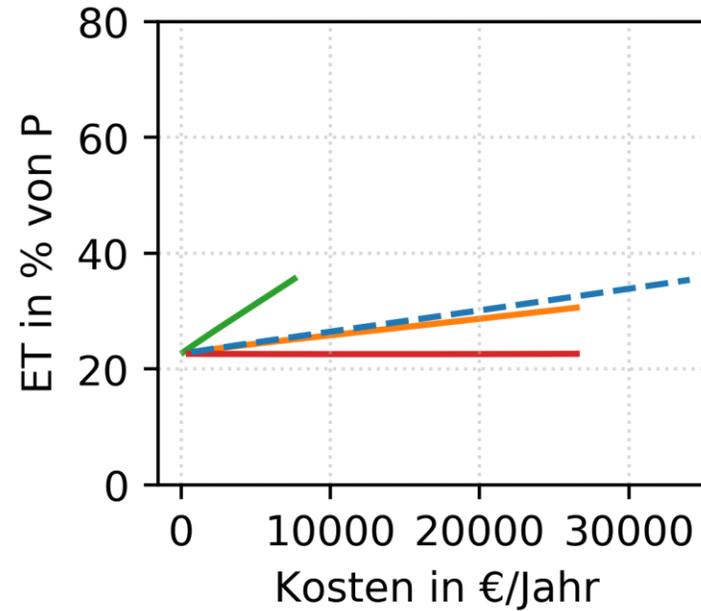
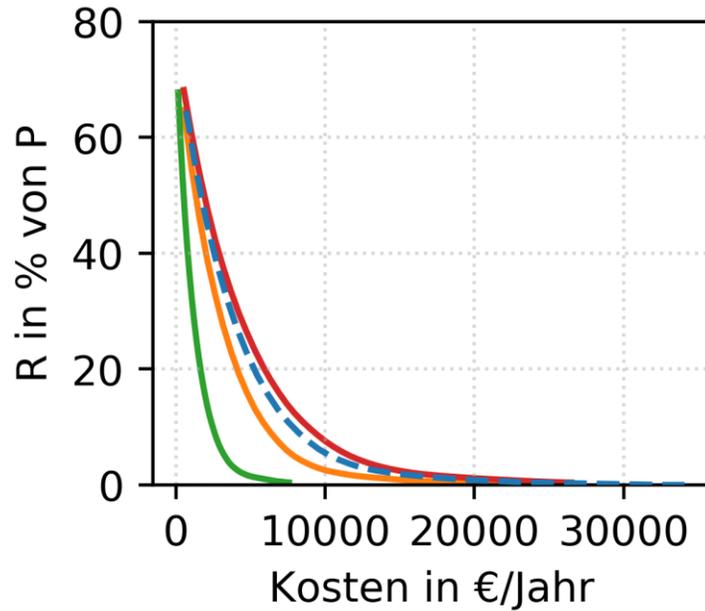
$$E_{NWB}(C) = 1 - \left(w_{land} * \frac{d_{land}}{\max(d_{land})} + w_{WB} * \frac{D_{WB}}{\max(D_{WB})} \right)$$

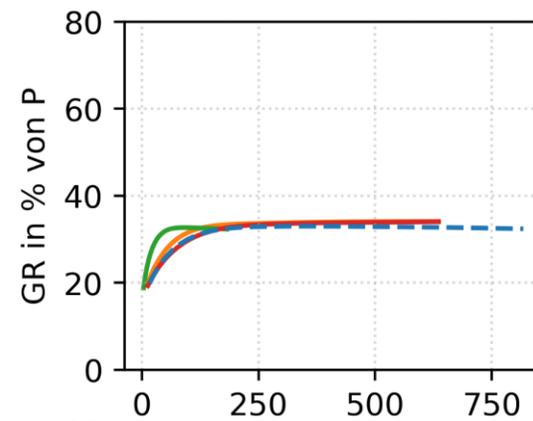
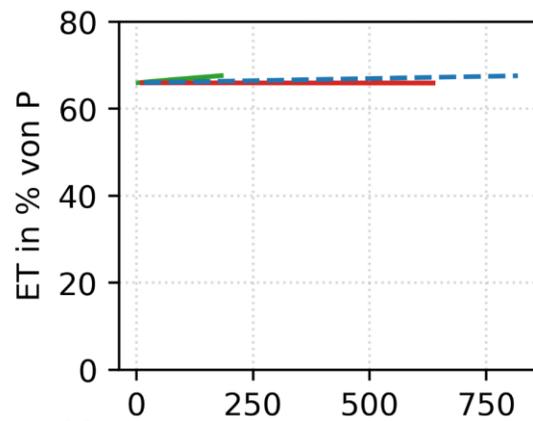
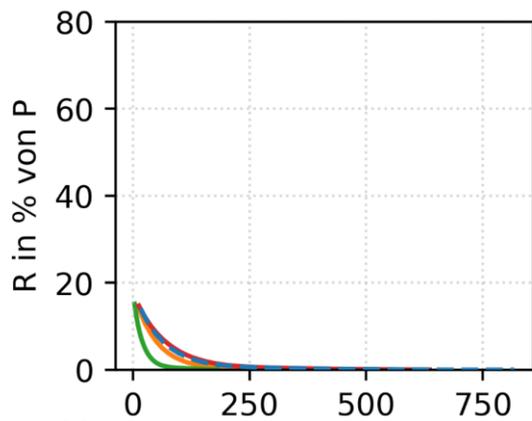
- C Kosten in €
- D_{WB} Abweichung von Ziel-Wasserbilanz
- d_{land} Flächenverbrauch
- w_{land} Gewichtungsfaktor für Flächenverbrauch
- w_{WB} Gewichtungsfaktor für Wasserbilanz



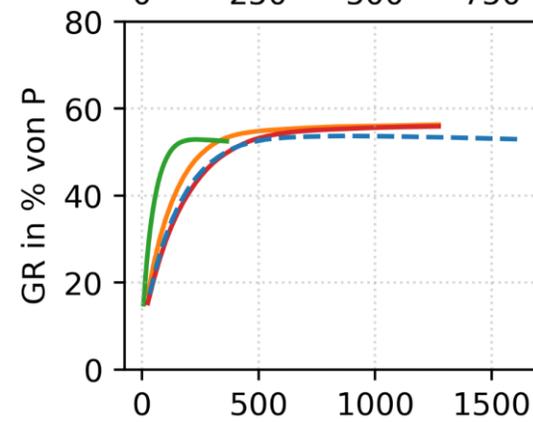
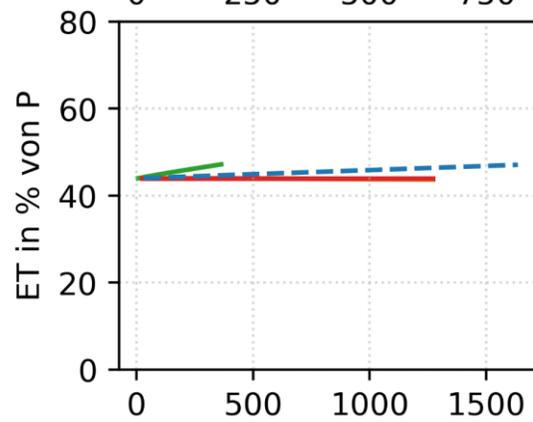
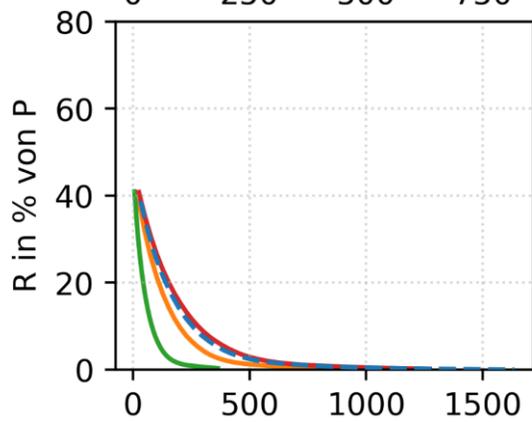
Simulationsergebnisse

Gewerbegebiet

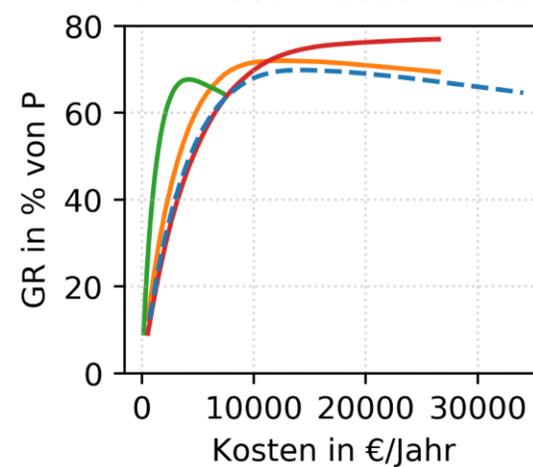
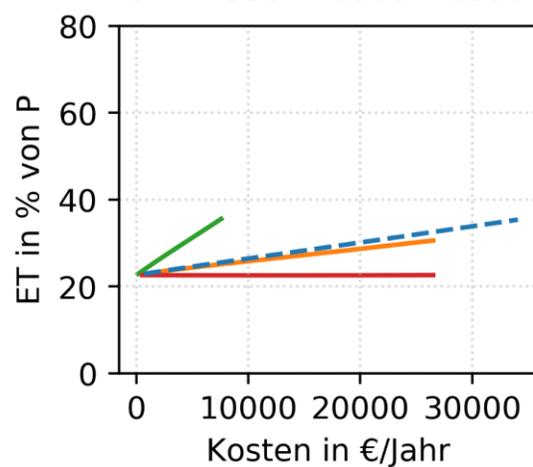
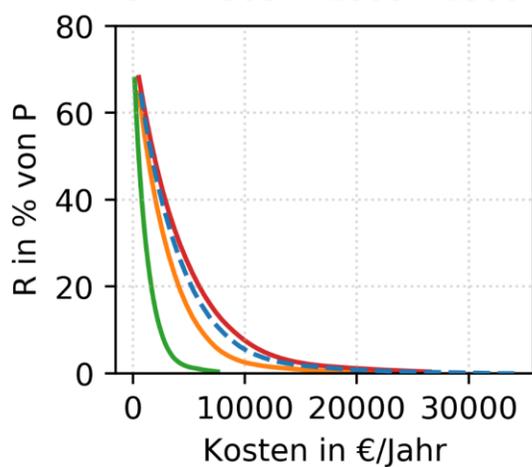




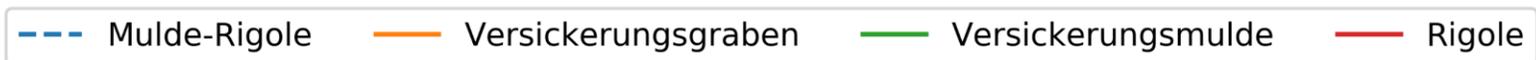
Wohngebiet,
geringer Bebauungsgrad



Wohngebiet,
hoher Bebauungsgrad

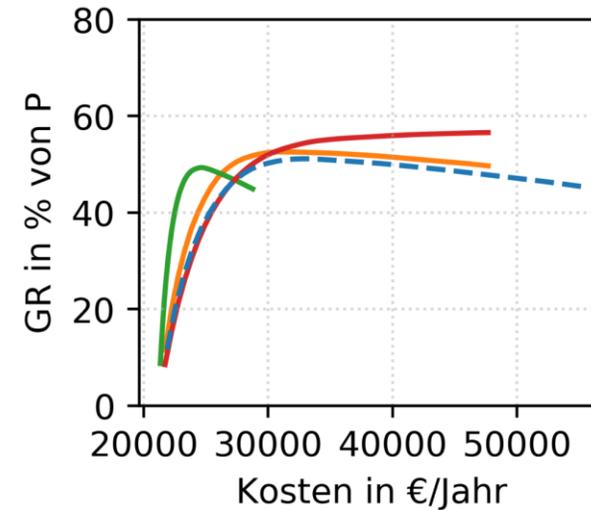
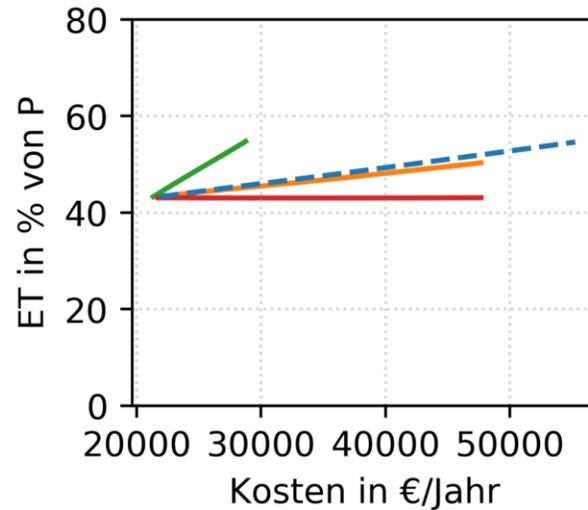
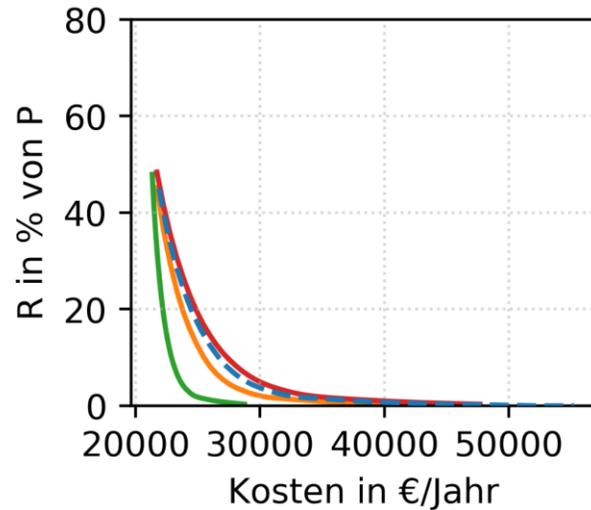
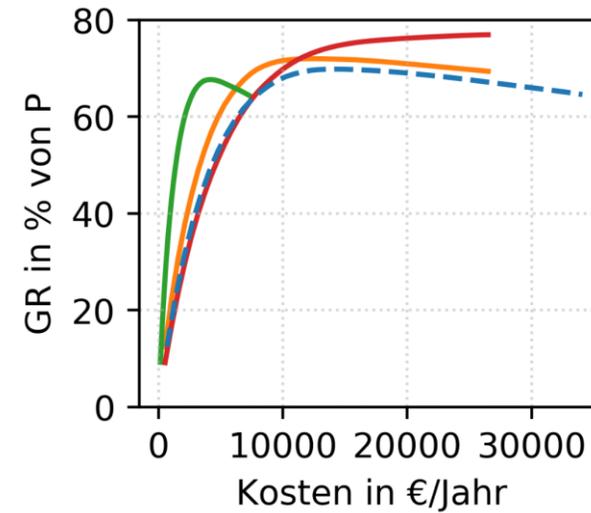
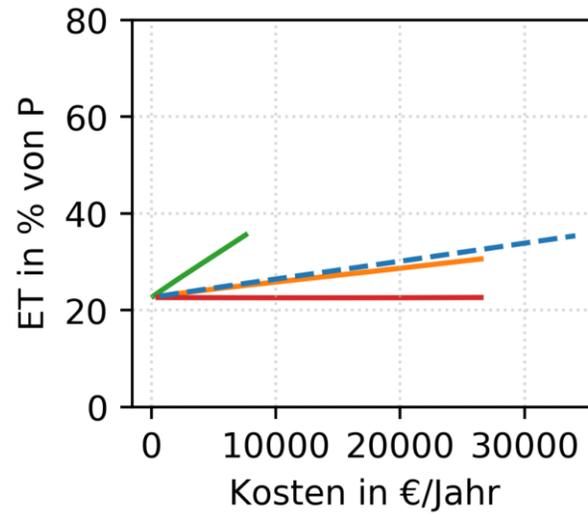
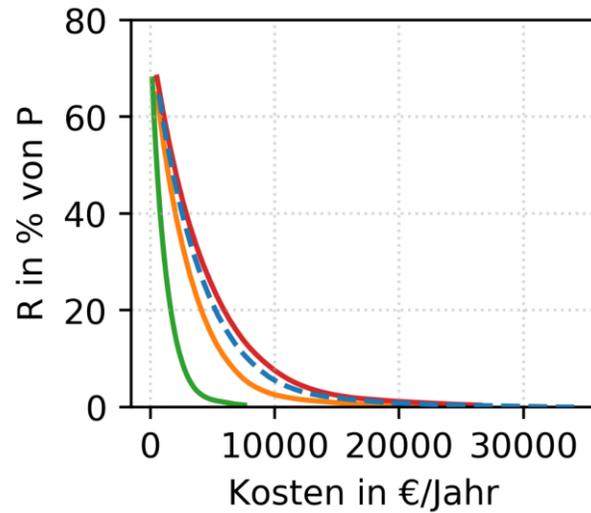


Gewerbegebiet

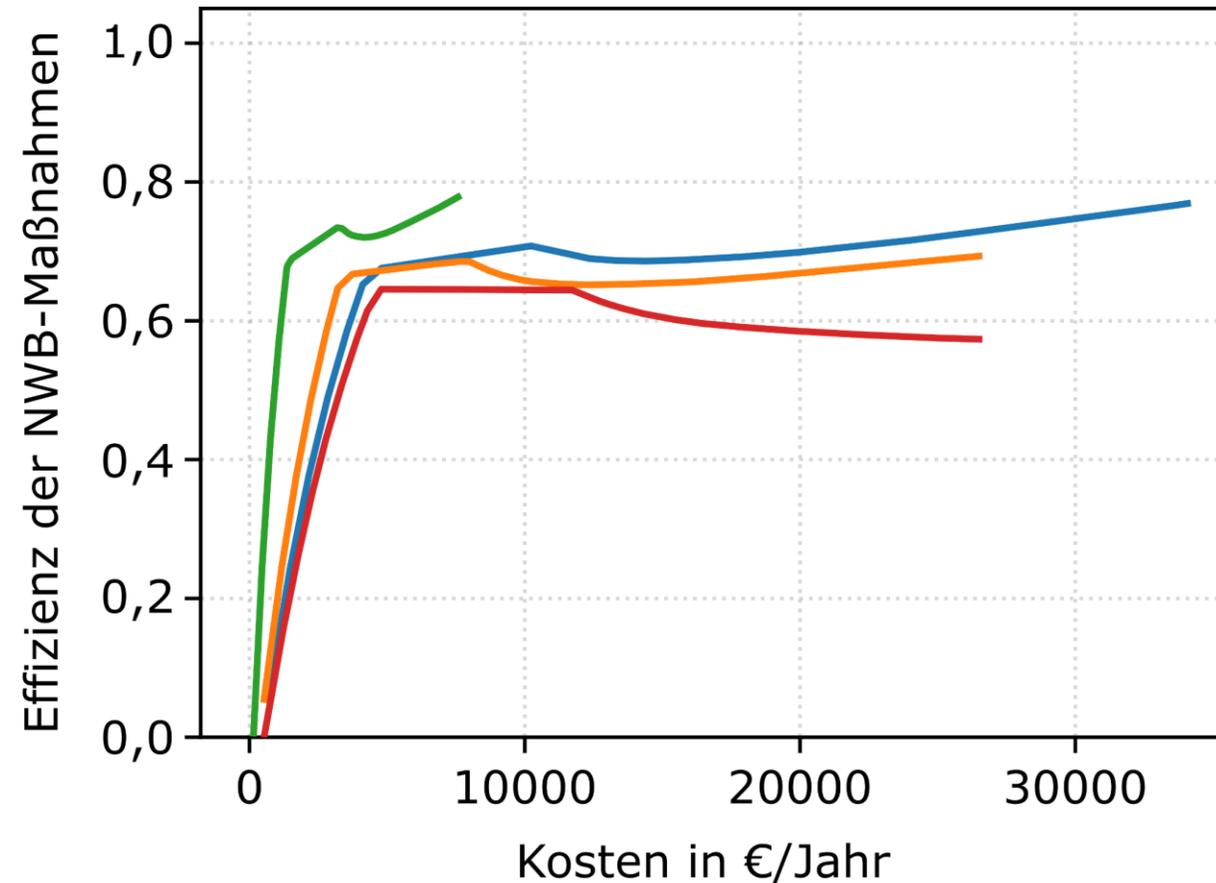


Kaskade mit Gründach (Gewerbegebiet)

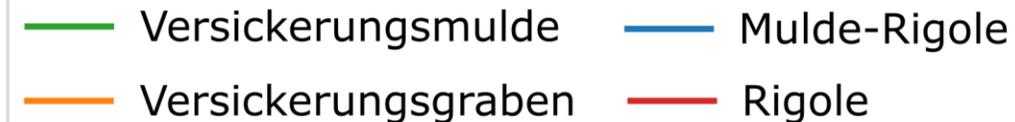
Gründach



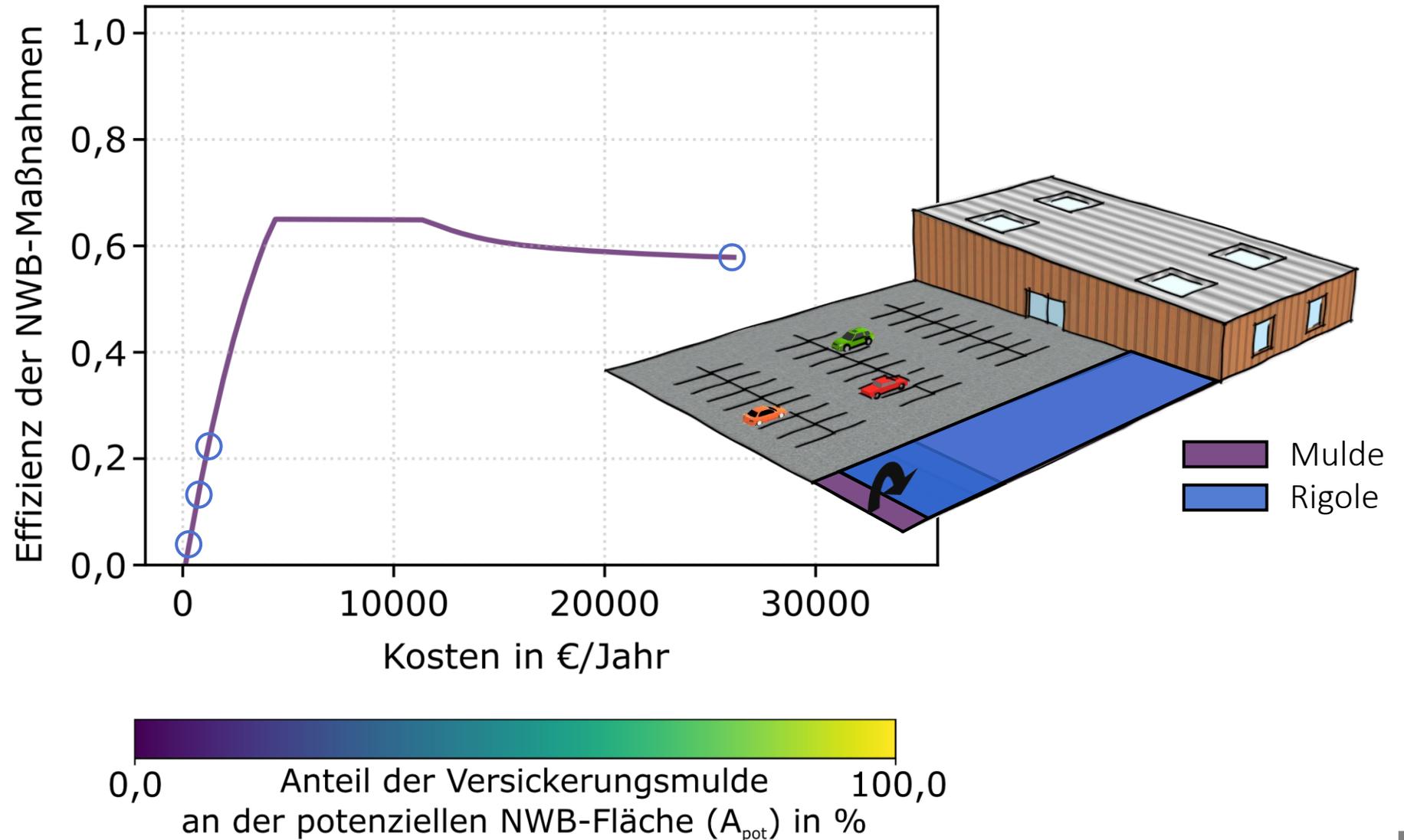
E_{NWB} für Einzelmaßnahmen ($w_{WB} = 1,0$ $w_{land} = 0,0$)



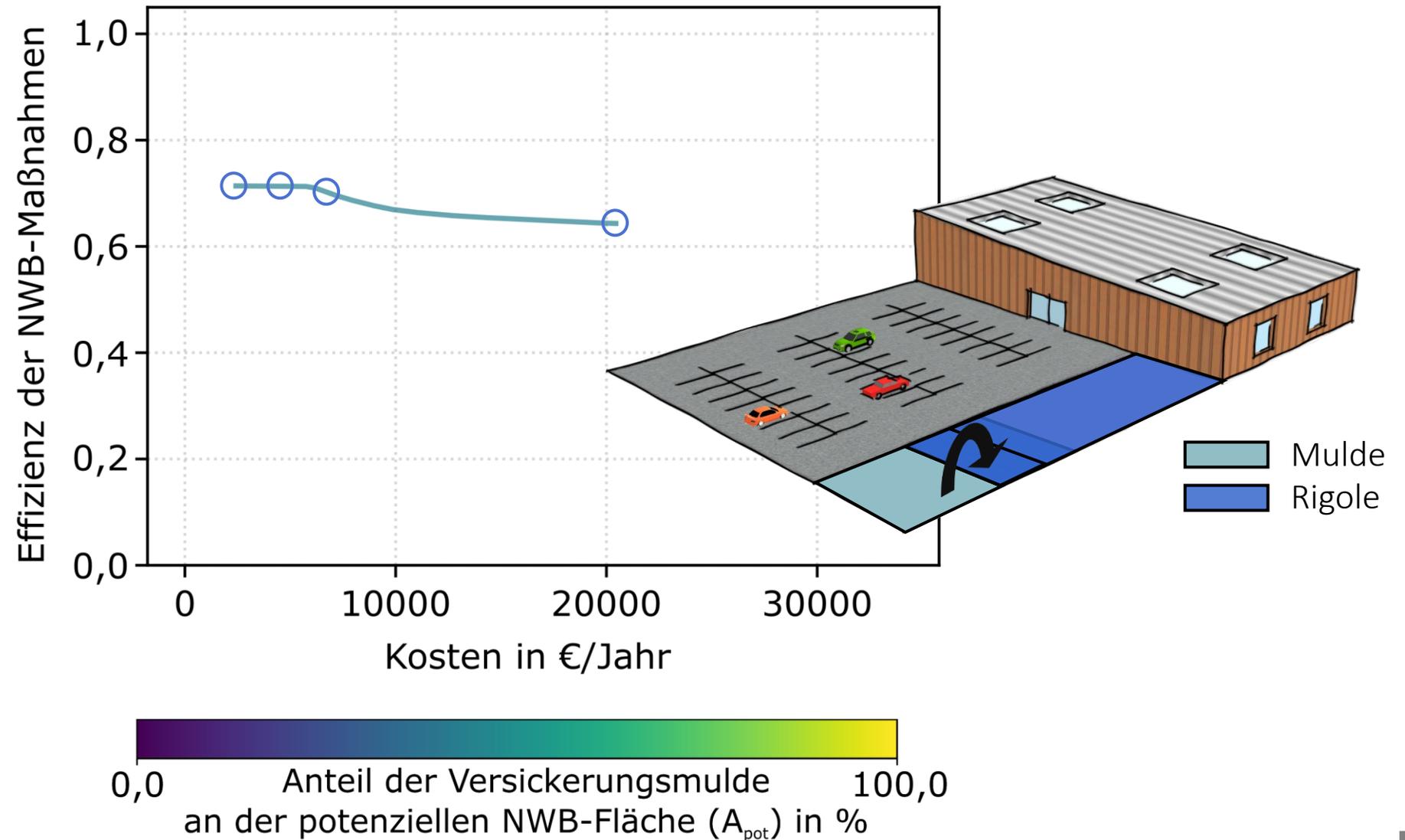
$R_z = 5\%$
 $ET_z = 45\%$
 $GR_z = 50\%$



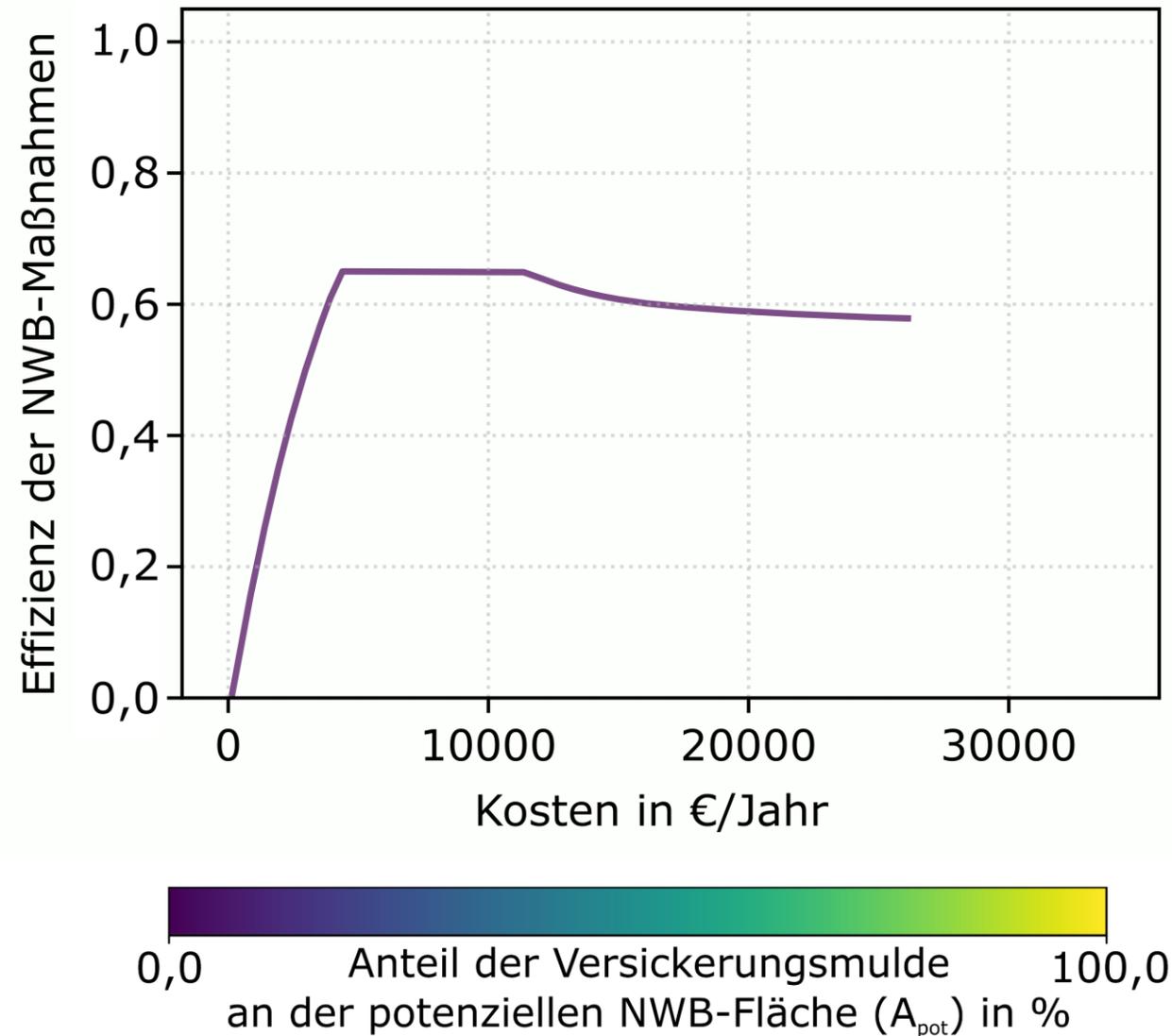
E_{NWB} für Maßnahmen-Kaskade (Versickerungsmulde – Rigole, $w_{WB} = 1,0$ $w_{land} = 0,0$)

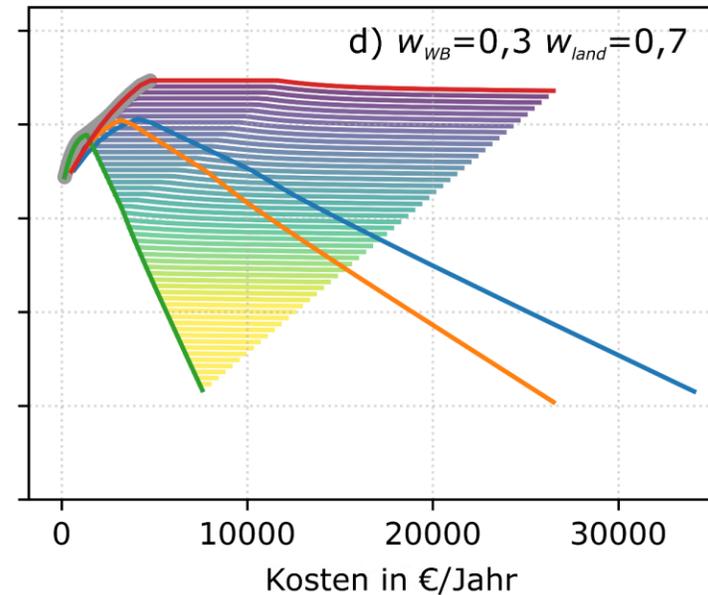
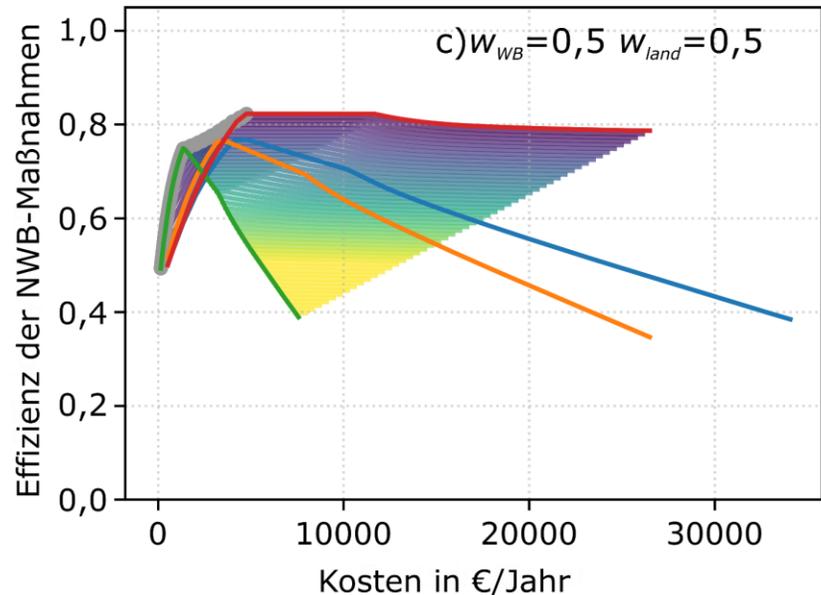
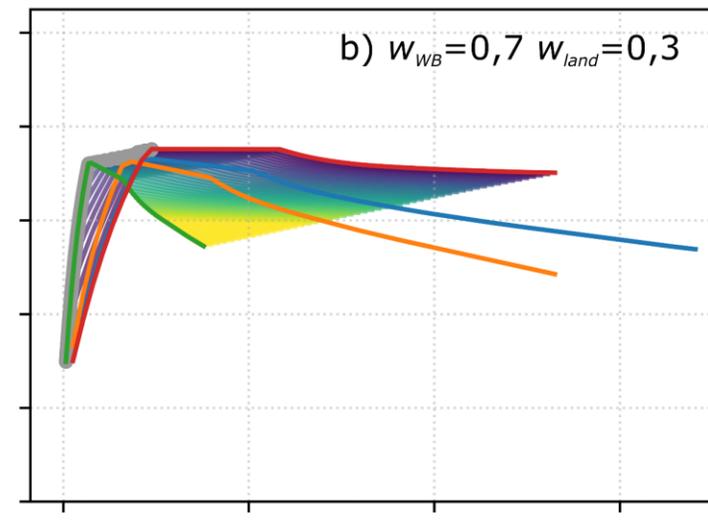
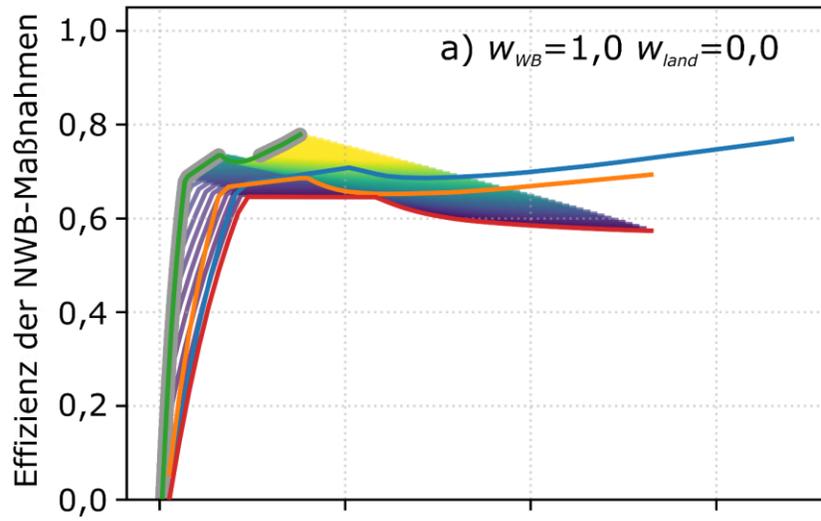


E_{NWB} für Maßnahmen-Kaskade (Versickerungsmulde – Rigole, $w_{WB} = 1,0$ $w_{land} = 0,0$)

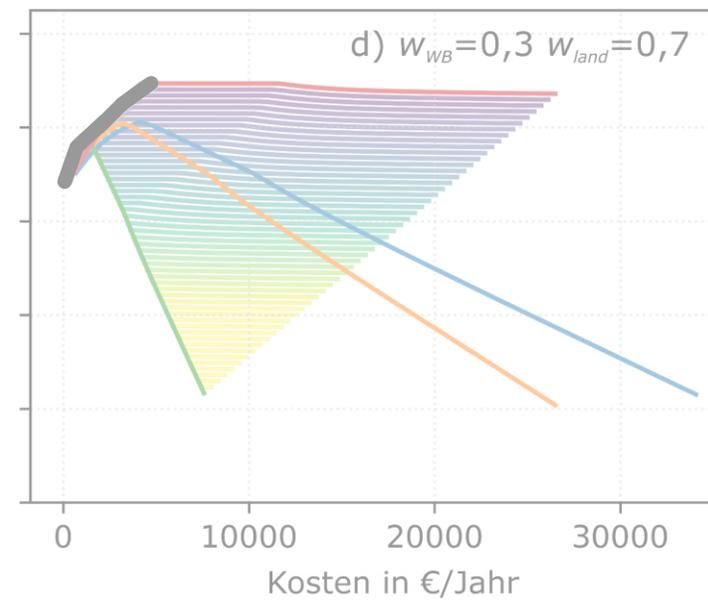
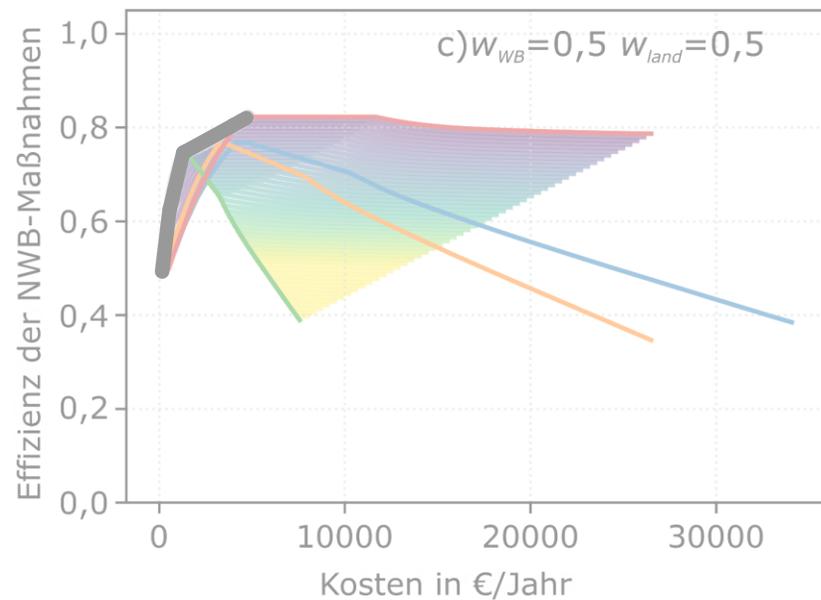
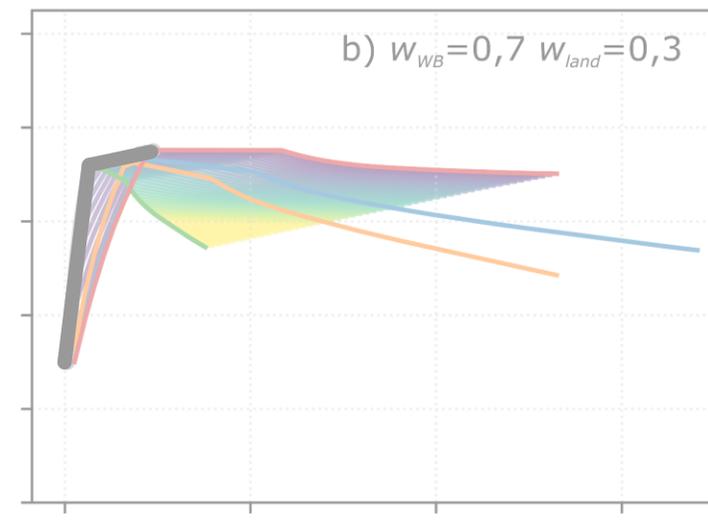
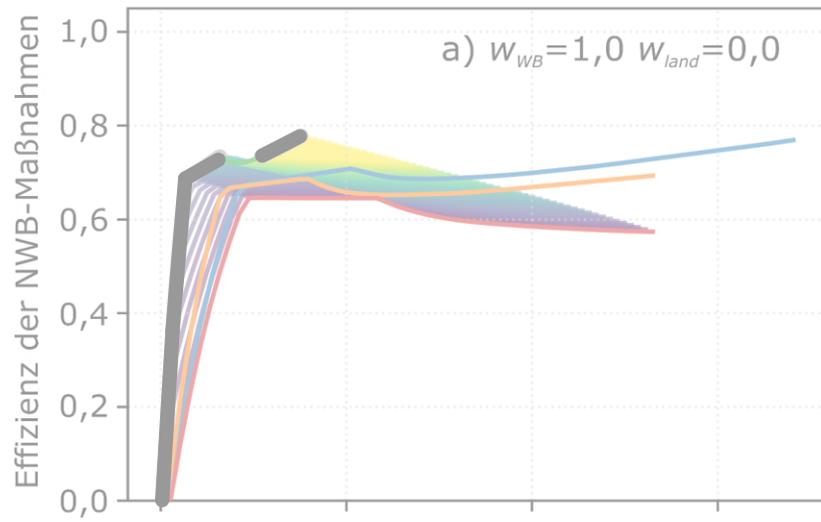


E_{NWB} für Maßnahmen-Kaskade (Versickerungsmulde – Rigole, $w_{WB} = 1,0$ $w_{land} = 0,0$)

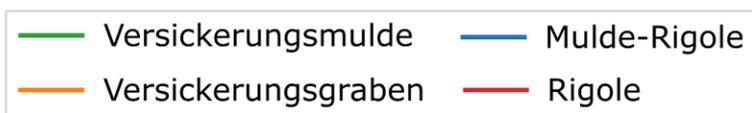




● Nicht-dominierte Optionen



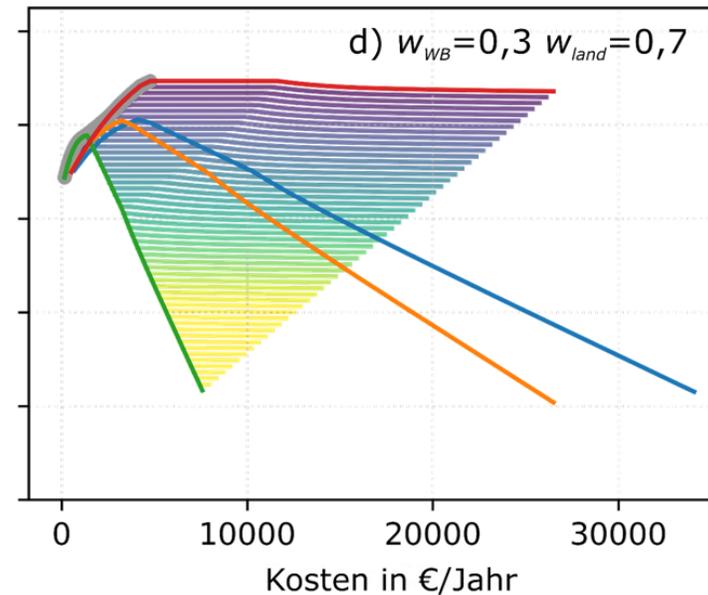
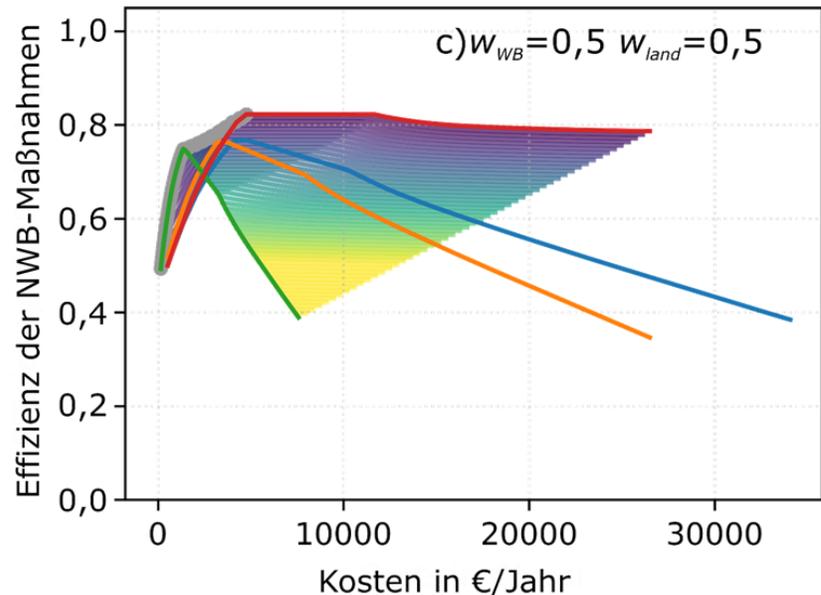
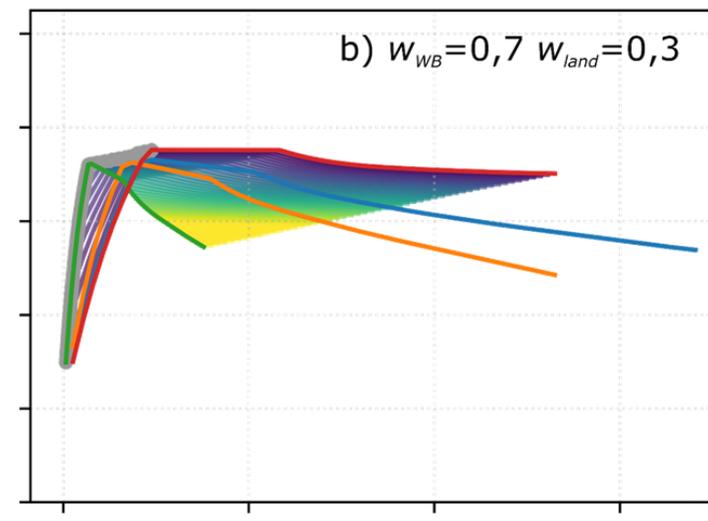
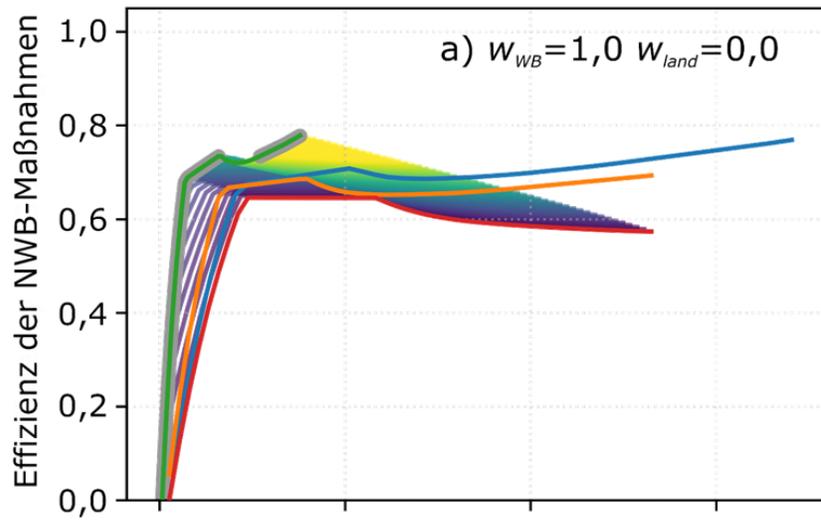
Einzelne NWB-Maßnahmen:



NWB-Kaskade



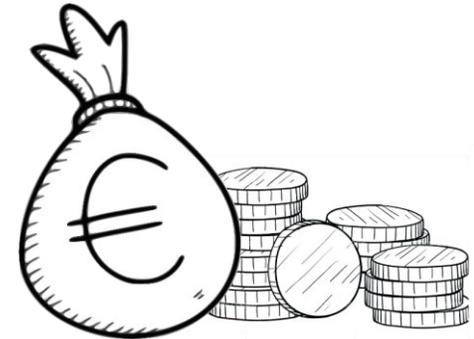
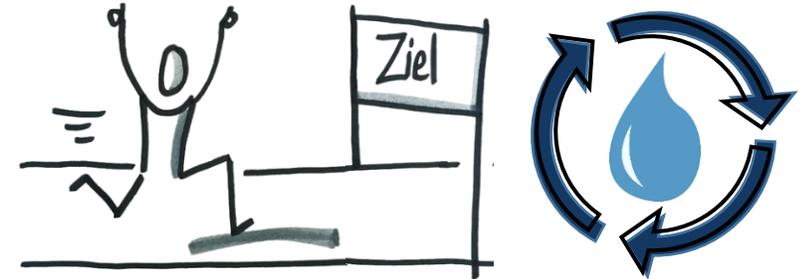
● Nicht-dominierte Optionen



● Nicht-dominierte Optionen

Conclusio

- Wasserbilanz als Zielgröße der NWB
 - Gesamtheitlicher Ansatz
 - Hydrologische Langzeitsimulationen
- Methodik zur Auswahl geeigneter NWB-Maßnahmen
 - Wasserbilanz
 - Ökonomie: Lebenszykluskosten, Flächenverbrauch
- $E_{NW\text{B}}$ als Bewertungsgröße der Investitionseffizienz
 - Gewichtung von Planungszielen
 - Auswahl aus nicht-dominierten Optionen
- NWB-Kaskaden



THINK GREEN
THINK BLUE



Johannes Leimgruber
johannes.leimgruber@gmail.com