



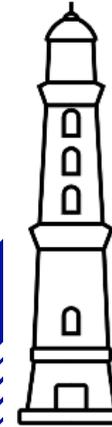
Naturnaher Wasserhaushalt - Anforderungen und rechnerischer Nachweis

Rostocker Abwassertagung, 07. November 2023

Birgitta Hörnschemeyer M.Sc.

FH Münster
Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt
Arbeitsgruppe Wasserwirtschaft und Stadtentwässerung

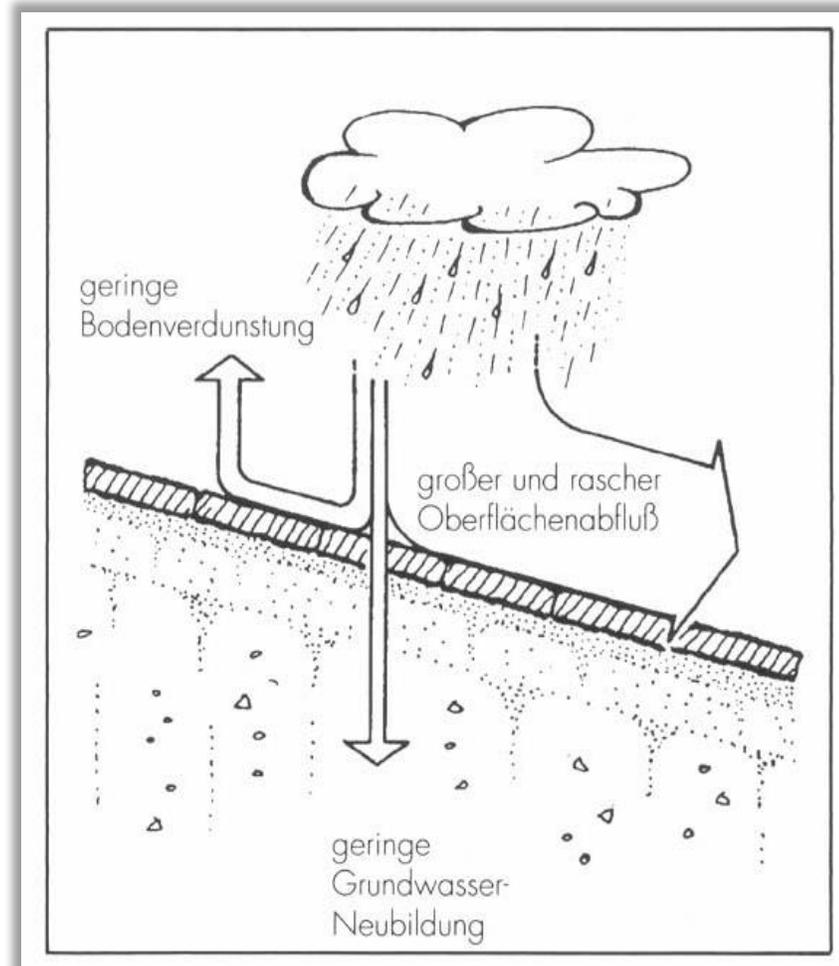
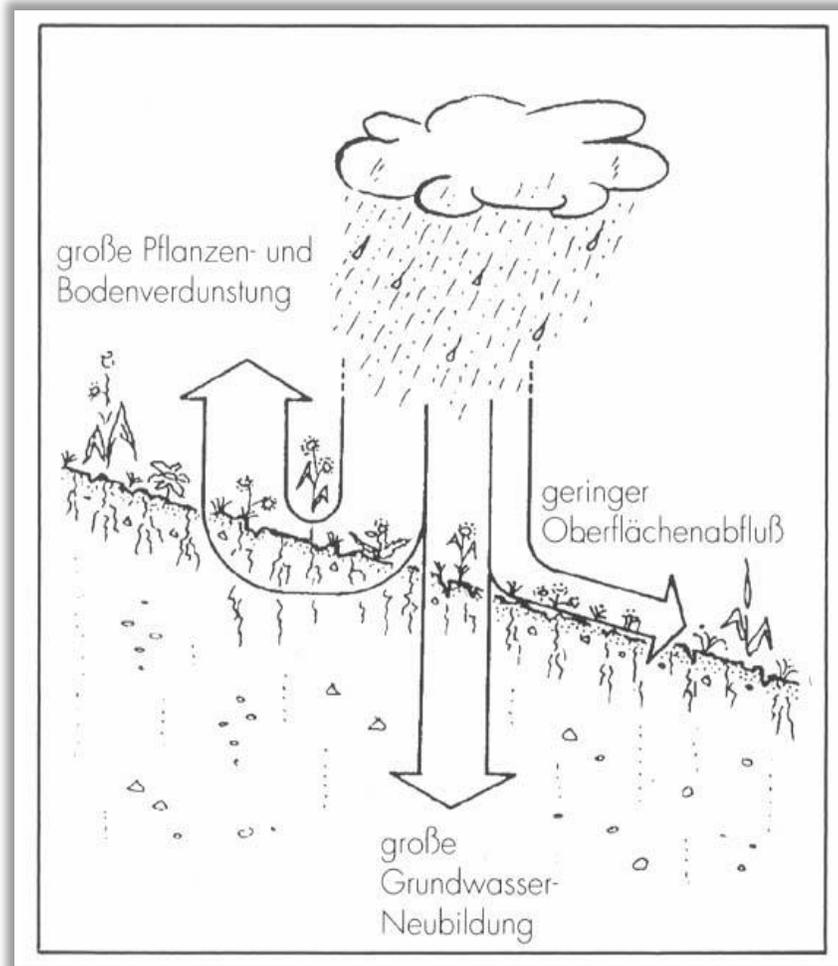
Corrensstraße 25 fon +49 (0)251.83 65590
D-48149 Münster b.hoernschemeyer@fh-muenster.de



Rostocker
Abwassertagung

Urbanisierung

Veränderter Wasserhaushalt



© Geiger, Dreiseitl 1995

Planungsgrundsätze für den Wasserhaushalt

www.dwa.de



Arbeits- und Merkblattreihe 102:

DWA-Regelwerk/BWK-Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 102-1/BWK-A 3-1

Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines

Dezember 2020



Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer

Teil 1 Allgemeines

Teil 2 Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen für Regenwetterabflüsse in Siedlungen

Teil 3 Immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen zur Einleitung von Regenwetterabflüssen in Oberflächengewässer

Teil 4 Wasserhaushaltsbilanz
für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers

Teil 5 Hydromorphologischer und biologischer Nachweis im Rahmen des Immissionsnachweises

Veranlassung

- **Erschließung** von Neubaugebieten und Konversionsflächen
- Gebiete mit städtebaulicher und/oder entwässerungstechnischer **Sanierung**

Ziel

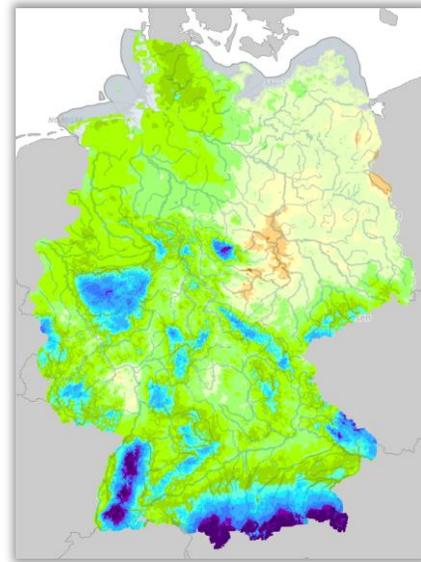
Der lokale Wasserhaushalt in neuen und sanierten Stadtgebieten

entspricht nahezu dem Wasserhaushalt des zugehörigen Referenzgebietes

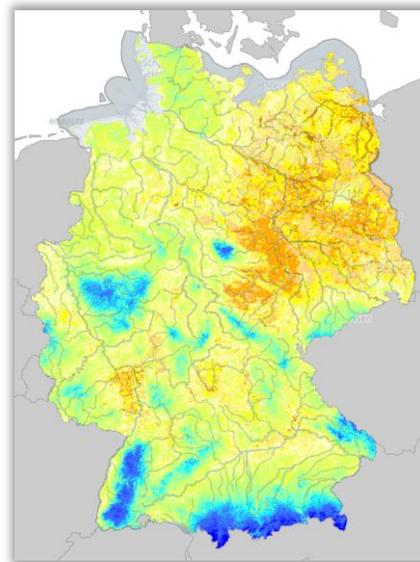
mit gebietscharakteristischer Kulturlandnutzung ohne Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Nachweis: Wasserhaushalt der Kulturlandschaft

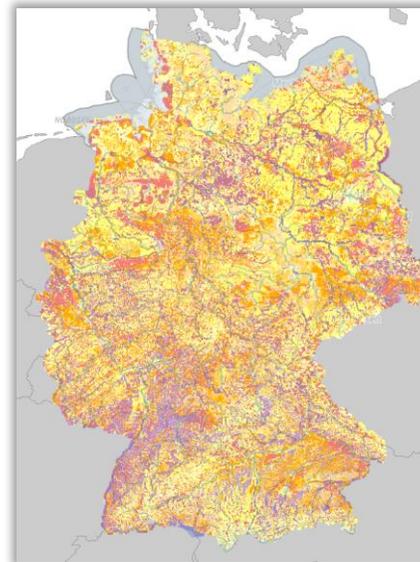
Nachweis Wasserhaushalt:
Siedlung \approx zugehörige Kulturlandschaft



Niederschlag
P



Abfluss
R



Verdunstung
 ET_a

© HAD Geoviewer, 2023

Allgemeine
Wasserhaushalts-
gleichung

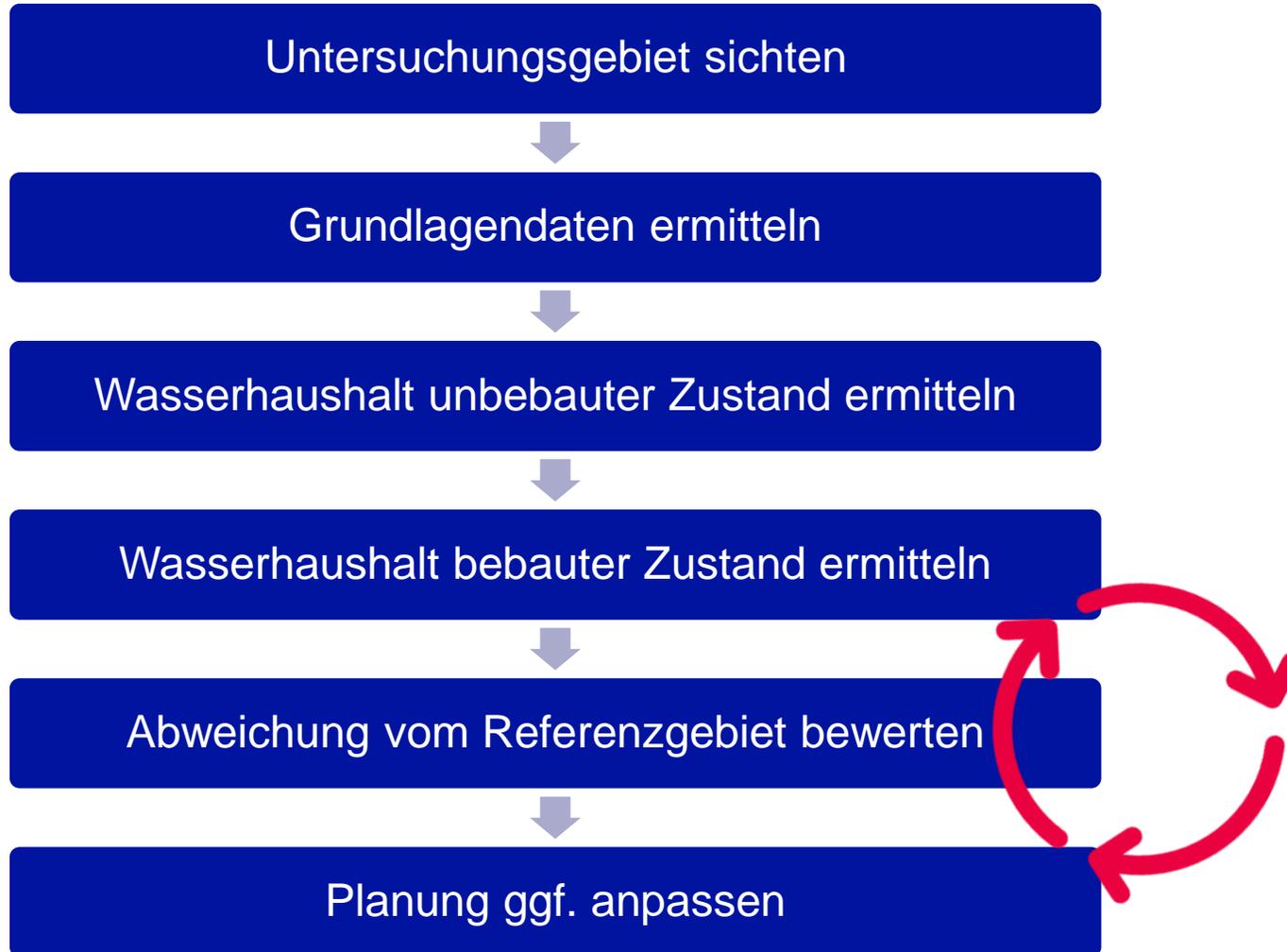
$$P = R + ET_a$$

$$P = R_D + GWN + ET_a$$

$$P = a \cdot P + g \cdot P + v \cdot P$$

$$1 = a + g + v$$

Vorgehensweise Nachweisführung



Grundlagendaten ermitteln

Niederschlag P (mm/a):

Langjährige Mittelwerte!

- z.B. kommunale Daten
- Deutscher Wetterdienst DWD
- Hydrologischer Atlas Deutschland

Potentielle Verdunstung (mm/a):

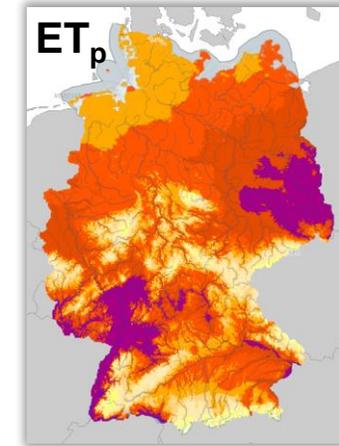
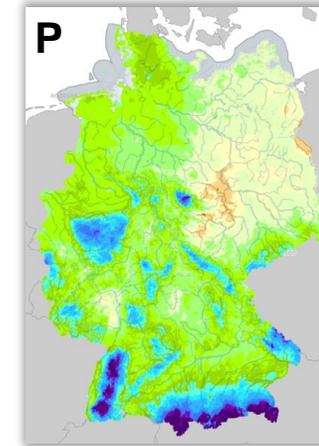
Langjährige Mittelwerte!

- z.B. kommunale Daten
- Deutscher Wetterdienst DWD
- Hydrologischer Atlas Deutschland

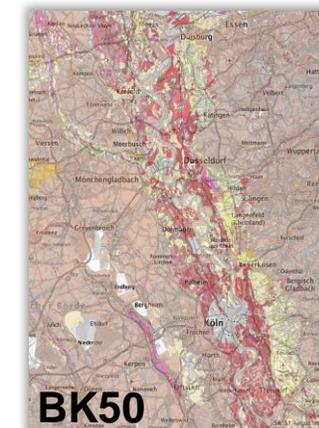
Durchlässigkeitsbeiwert k_f in mm/h bzw. m/s:

- z.B. Bodengutachten
- Regionale Bodenkarten
- Bodenkarte (z.B. BK50)

Wasserhaushalt unbebauter Zustand



© HAD Geoviewer, 2023



© BK 50 NRW, 2023

Wasserhaushalt un bebauter Zustand

Baugebiet

- Klimadaten
- Gelände- und Bodendaten
- naturräumliche Einheit



Wasserhaushaltsmodell

Hydrologischer Atlas (HAD)

- BAGLUVA-Verfahren
- Analogiebetrachtung mit Kulturlandflächen im Umland
- P, R, GWN, ET_a , ET_p

GWNeu – Verfahren

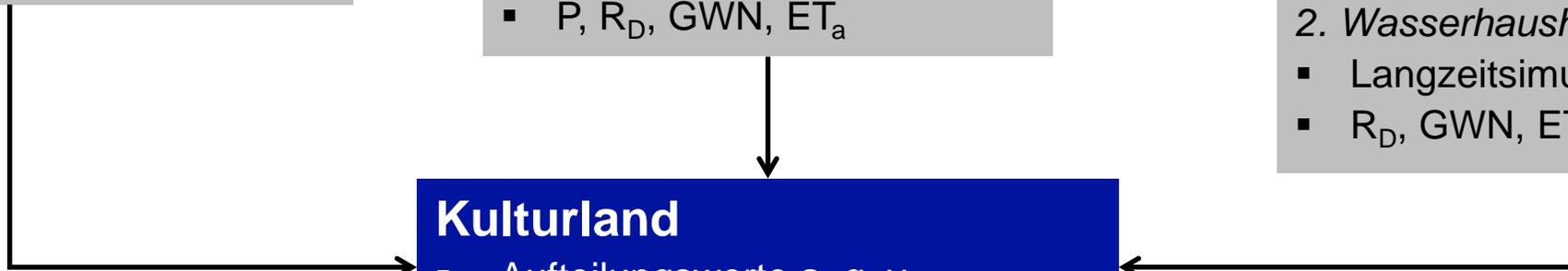
- BAGLUVA-Verfahren
- R_D nach Meßer
- Analogiebetrachtung der Landnutzungen im Umland
- P, R_D , GWN, ET_a

WaSiG-Verfahren

1. GIS: Naturräumliche Einheit
 - Bodenhydrologie (BÜK)
 - Landnutzung (CORINE)
 - Modellparameter
2. Wasserhaushaltsmodell
 - Langzeitsimulation
 - R_D , GWN, ET_a

Kulturland

- Aufteilungswerte a, g, v
→ Referenzwerte



Wasserhaushalt unbebauter Zustand

HAD

Tabelle: Daten zum Wasserhaushalt gemäß Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD)

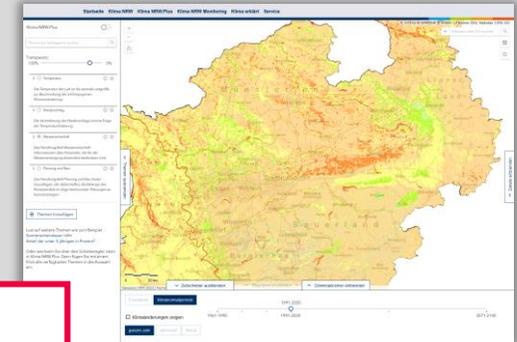
Variable	Zeichen	Abschnitt HAD
Mittlere korrigierte jährliche Niederschlagshöhe	P_{korr}	2.5
Mittlere jährliche tatsächliche Verdunstungshöhe	ET_a	2.13
Mittlere jährliche Abflusshöhe	R	3.5
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung	GWN	

NaturWB (WaSig-Verfahren)

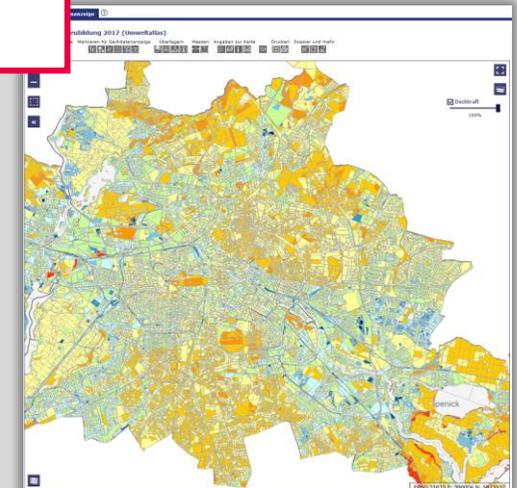


Regionale Angebote

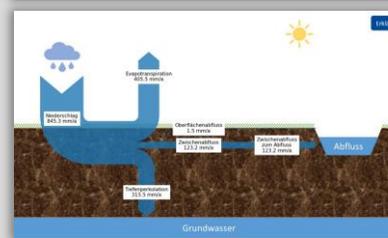
Klimaatlas NRW, 2023



Umweltatlas Berlin, 2023



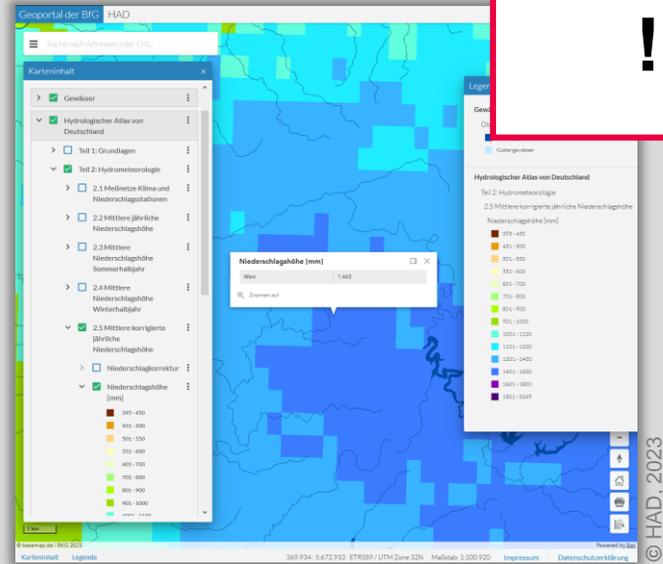
! Sensible Anwendung der Verfahren !



Weitergehende Informationen:

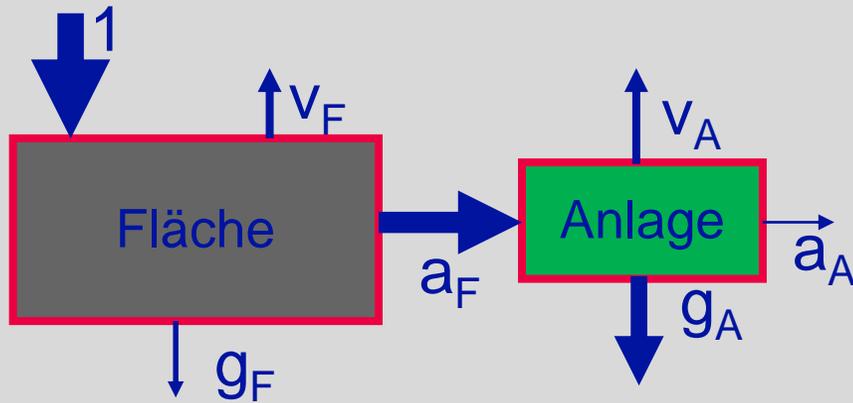
Steinbrich, A., Henrichs, M., Leistert, H., Scherer, I., Schuetz, T., Uhl, M., Weiler, M. (2018): „Ermittlung eines naturnahen Wasserhaushalts als Planungsziel für Siedlungen“. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*. 62 (6), S. 28–37, doi: [10.5675/HyWa_2018.6_3](https://doi.org/10.5675/HyWa_2018.6_3).

Schmit, M., Steinbrich, A., Leistert, H., Weiler, M. (2022): „Webtool zur Ermittlung der naturnahen urbanen Wasserbilanz (NatUrWB)“. In: *Korrespondenz Wasserwirtschaft*. 2022 (9), S. 530–536, doi: [10.3243/kwe2022.09.002](https://doi.org/10.3243/kwe2022.09.002)



Wasserhaushalt bebauter Zustand

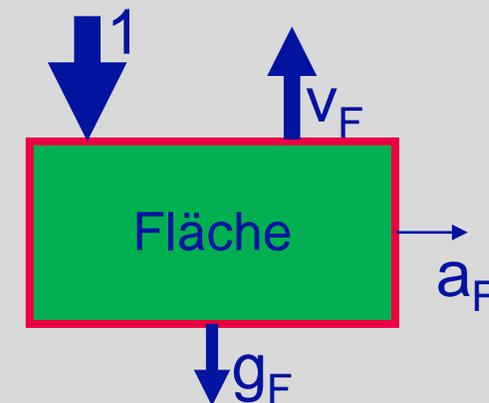
Berechnungsansatz für befestigte Flächen $A_{E,b}$



DWA-M 102-4, **Anhang A + B**

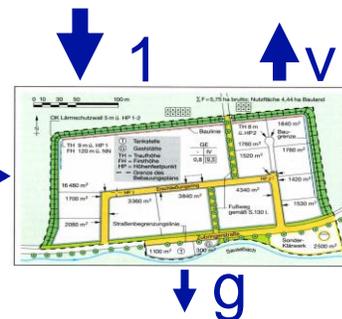
$$\begin{Bmatrix} a \\ g \\ v \end{Bmatrix} = f(P, ET_p, \text{Art, Eigenschaft, Boden, ...})$$

Berechnungsansatz für Vegetationsflächen $A_{E,nb}$



DWA-M 102-4, **Anhang C**

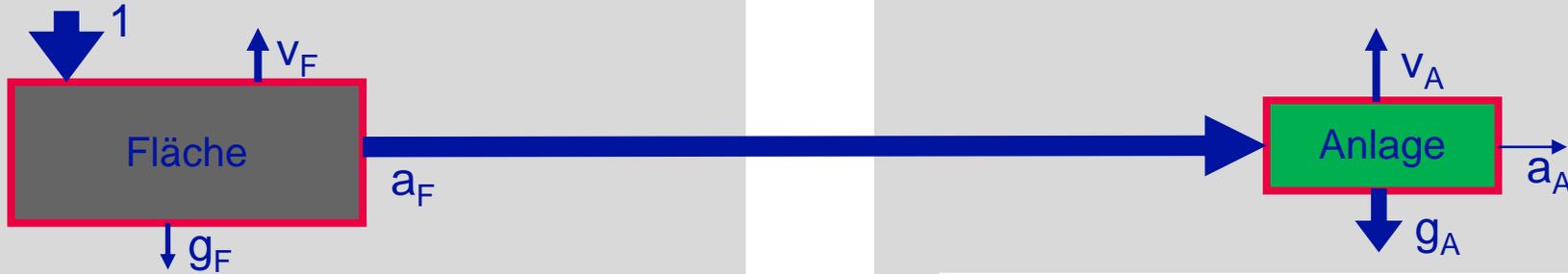
$$\begin{Bmatrix} a \\ g \\ v \end{Bmatrix} = f(P, ETP, GW - \text{Flurabstand, Boden, Landnutzung, Standortbedingungen})$$



Ersatzannahme

$$\begin{Bmatrix} a \\ g \\ v \end{Bmatrix} = \text{Referenzwerte}$$

Wasserhaushalt bebauter Zustand



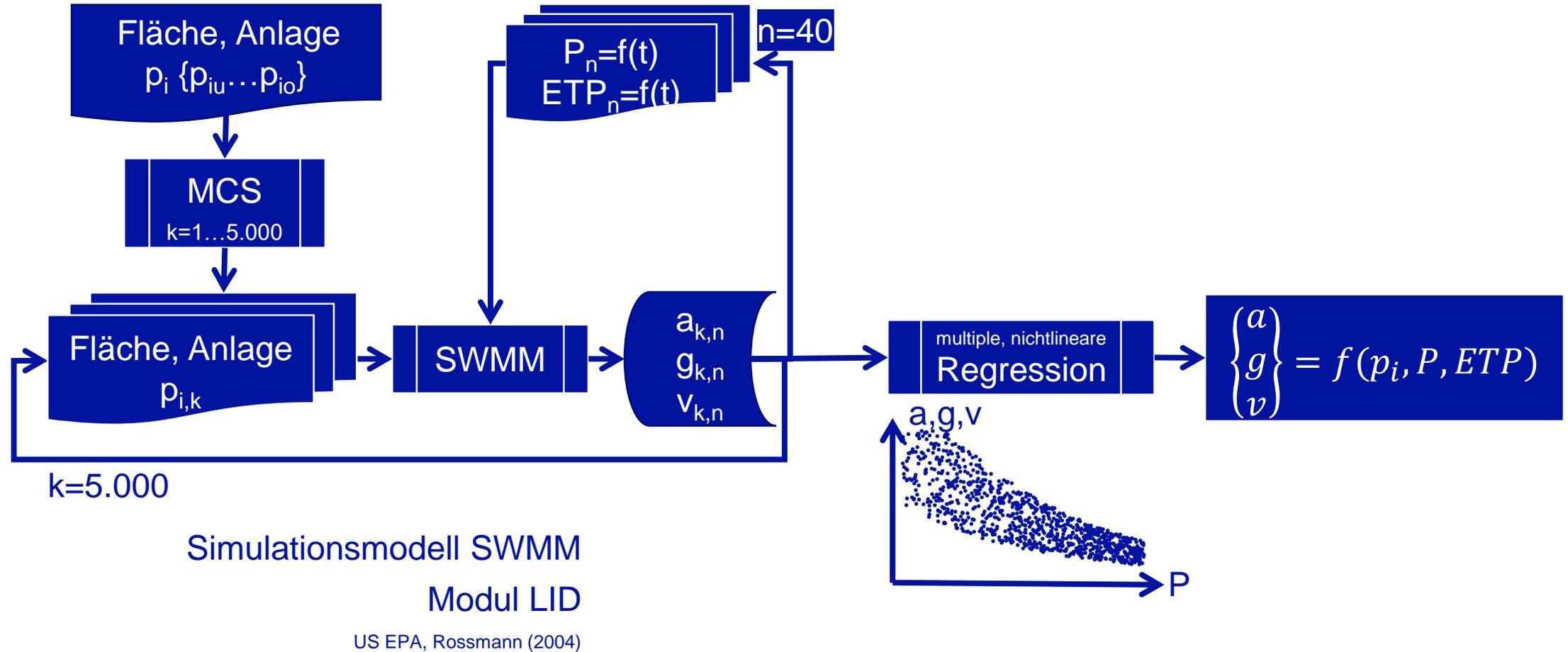
Asphalt
Pflasterbeläge
Steildach
Flachdach
...

Maßnahmen	Eignung zur		
	Minderung R_D	Erhöhung GWN	Erhöhung ET_a
Rückbau undurchlässiger Flächen	++	++	+
wasserdurchlässige Flächenbef.	+	+	+
Begrünung			
von Freiflächen	++	+	++
von Dachflächen	+	-	+
extensiv	++	-	++
intensiv	++	-	++
von Gebäudefassaden	-	0	++
Regenwasserversickerung	++	++	0
Regenwassernutzung			
als Betriebswasser	+	-	-
für Bewässerung	+	0	++
offene Rückhaltung ohne Dauerstau	0	-	0
Eignung ++ sehr gut + gut 0 wenig - nicht			

Maßnahmen nach Stand der Technik

Wasserbilanzmodell WABILA

Wasserbilanzmodell WABILA



Wasserbilanzmodell WABILA - Versickerungsmulde

Gleichungen	Gleichungen $\{a g v\} = f(p_i;P;ET_p)$
Abfluss	$a = 1 - g - v$
Grundwasserneubildung	$g = 0,8608 + 0,02385 \cdot \ln(P) - 0,00005331 \cdot ET_p - 0,002827 \cdot BA_{S,M} - 0,000002493 \cdot k_f + 0,0009514 \cdot \ln\left(\frac{k_f}{BA_{S,M}}\right)$
Verdunstung	$v = \frac{2,611}{-64,35 + P} \cdot BA_{S,M}^{0,9425} + 0,000008562 \cdot ET_p - 0,000001211 \cdot k_f$

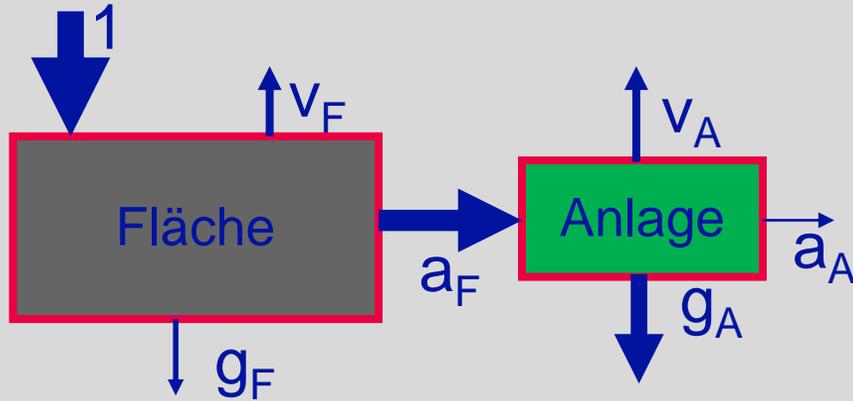
Parameter $p_i\{\min\dots\max\}$			min	max	default
Niederschlag	P	mm/a	500	1700	
Verdunstung (potentiell)	ET_p	mm/a	450	700	
Fläche Sickermulde	$BA_{S,M}$	%	$27,14 \cdot k_f^{-0,303}$	$62,414 \cdot k_f^{-0,328}$	$39,223 \cdot k_f^{-0,314}$
Bodendurchlässigkeit	k_f	mm/h	14	3600	

Eingangsgrößen Modell

Weitere modifizierbare Parameter

Wasserhaushalt bebauter Zustand

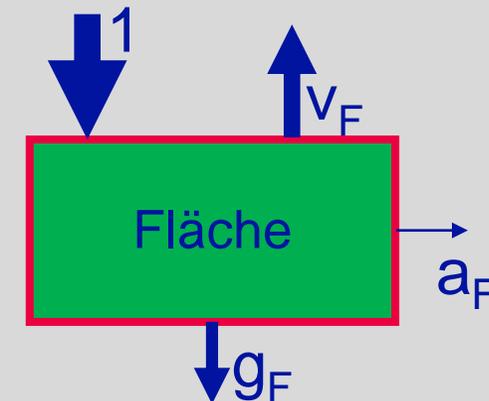
Berechnungsansatz für befestigte Flächen $A_{E,b}$



DWA-M 102-4, **Anhang A + B**

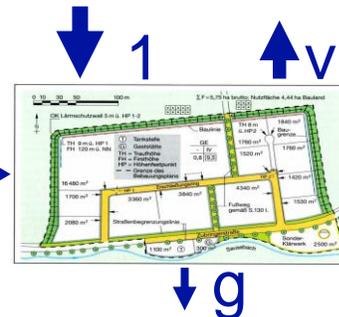
$$\begin{Bmatrix} a \\ g \\ v \end{Bmatrix} = f(P, ET_p, \text{Art, Eigenschaft, Boden, ...})$$

Berechnungsansatz für Vegetationsflächen $A_{E,nb}$



DWA-M 102-4, **Anhang C**

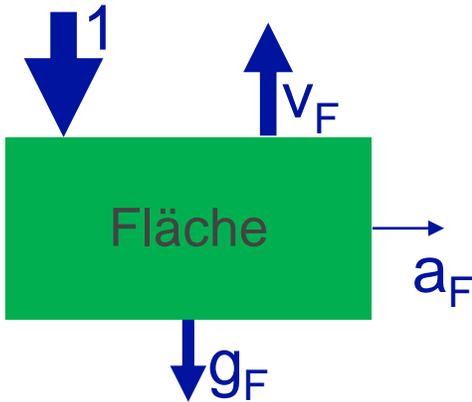
$$\begin{Bmatrix} a \\ g \\ v \end{Bmatrix} = f(P, ETP, GW - \text{Flurabstand, Boden, Landnutzung, Standortbedingungen})$$



Ersatzannahme

$$\begin{Bmatrix} a \\ g \\ v \end{Bmatrix} = \text{Referenzwerte}$$

Aufteilungswerte für Vegetationsflächen (DWA-M 102-4 Anhang C (Auszüge))



Aufteilungswerte

$$a_F = \frac{R_D}{P_{korr}}$$

$$g_F = \frac{GWN}{P_{korr}}$$

$$v_F = \frac{ET_a}{P_{korr}}$$

Ersatzannahme

$$\left\{ \begin{matrix} a \\ g \\ v \end{matrix} \right\} = \text{Referenzwerte}$$

Ansatz	Wasserbilanzmodell GWneu <i>BAGLUVA-Verfahren (HAD) + Abfluss nach Meßer</i>	
Landnutzung	Landnutzungseinheiten (LNE)	<i>Grünland, Ackerland, Laubwald, Nadelwald et al.</i>
	Landnutzungsarten (LNA)	<i>Grünflächen, Hausgärten, Straßenbegleitgrün et al.</i>
Verdunstung	$ET_a = ET_p \cdot f_E$	$f_E = f(\text{Klima, Boden, LNE, GWFlurabstand})$
	$ET_{a,korr} = ET_a \cdot f_L \cdot f_W$	$f_L = f(\text{Lage})$ $f_W = f(\text{Boden, Bewässerung})$
Direktabfluss	$R = P_{korr} - ET_a$	
	$R_D = r \cdot R$	$r = f(\text{Boden, Gefälle, GWFlurabstand, LNE})$
GW-Neubildung	$GWN = R - R_D$	

Wasserbilanzmodell WABILA

WABILA - <MS_GI>

Datei Bericht Hilfe

Basisdaten
 Bruttobauland (m²) 10000 P (mm/a) 837 ETp (mm/a) 575 kf-Wert (mm/h) 22,5

Unbebauter Zustand
 a (-) 0,202 g (-) 0,223 v (-) 0,575 RD (mm/a) 169 GWN (mm/a) 187 ETa (mm/a) 481

Bebauter Zustand
 a (-) 0,664 g (-) 0,056 v (-) 0,280 RD (mm/a) 556 GWN (mm/a) 47 ETa (mm/a) 235

Variante bebaut Elemente 1 of 6

Typ	Name	Element Typ	Parameter	Größe (m ²)	a (-)	g (-)	v (-)	Entnahme (-)	Zufluss (m ²)	RD (m ²)	GWN (m ²)	ETa (m ²)	Entnahme (m ²)	Ziel	Fehlermeldung
Fläche	Straße	Asphalt, fugenloser Beton		800	0,754	0,000	0,246	0,000	669,6	505,1	0,0	164,5	0,0	Ableitung	
Fläche	Gehweg	Pflaster mit dichten Fugen		600	0,806	0,000	0,194	0,000	502,2	404,9	0,0	97,3	0,0	Ableitung	
Fläche	Stellplätze	Pflaster mit dichten Fugen		600	0,806	0,000	0,194	0,000	502,2	404,9	0,0	97,3	0,0	Ableitung	
Fläche	Dachflächen	Flachdach (Dachpappe, Faserzement)		4500	0,841	0,000	0,159	0,000	3766,5	3166,1	0,0	600,4	0,0	Ableitung	
Fläche	Wege, Zufahrten	Asphalt, fugenloser Beton		500	0,754	0,000	0,246	0,000	418,5	315,7	0,0	102,8	0,0	Ableitung	
Fläche	Stellplätze, Carports	Pflaster mit dichten Fugen		500	0,806	0,000	0,194	0,000	418,5	337,4	0,0	81,1	0,0	Ableitung	

*

Volumenfehler 0,0 % Bruttobauland (unbebaut) 2500,0 m² Aufteilungsfaktoren Summe (-) 1,000 Entnahme 0,000 Version: 1.0.0.70



Wasserbilanzmodell WABILA

WABILA - <MS_GI>

Datei Bericht Hilfe

Eingabe gebietsspezifischer Daten

Basisdaten

Bruttobauland (m²) 10000 P (mm/a) 837 ETp (mm/a) 575 kf-Wert (mm/h) 22,5

Unbeauteter Zustand

a (-) 0,202 g (-) 0,223 v (-) 0,575 RD (mm/a) 169 GWN (mm/a) 187 ETa (mm/a) 481

Bebauter Zustand

a (-) 0,664 g (-) 0,056 v (-) 0,280 RD (mm/a) 556 GWN (mm/a) 47 ETa (mm/a) 235

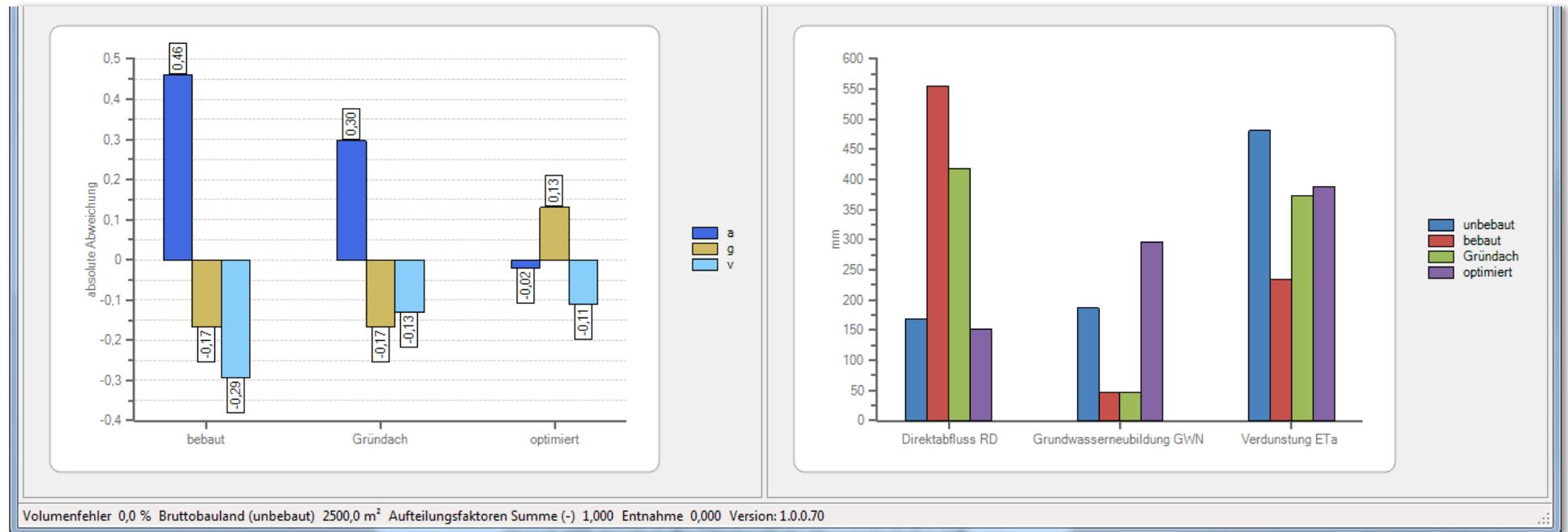
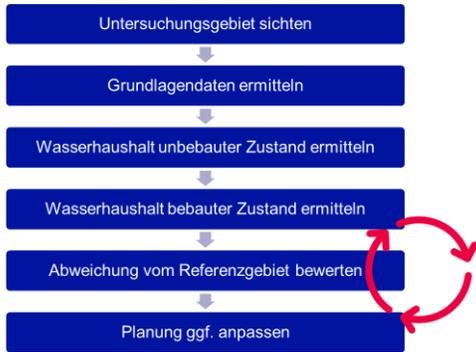
Variante **Gründach&Versickerung&Bäume** **Aufstellung von Varianten**

Typ	Name	Element Typ	Parameter	Größe (m ²)	a (-)	g (-)	v (-)	Entnahme (-)	Zufluss (m ³ /a)	RD (m ³ /a)	GWN (m ³ /a)	ETa (m ³ /a)	Entnahme (m ³ /a)	Ziel	Fehlermeldung
Fläche	Dach	Gründach mit Extensivbegrünung		110	0,549	0,000	0,451	0,000	82,5	45,3	0,0	37,2	0,0	RWB	
Fläche	Garage	Gründach mit Extensivbegrünung		25	0,549	0,000	0,451	0,000	18,8	10,3	0,0	8,5	0,0	RWB	
Fläche	Stellplatz	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		30	0,003	0,594	0,404	0,000	22,5	0,1	13,4	9,1	0,0	RWB	
Maßnahme	hinzufügen	Garten, Grünflächen		20	0,000	0,315	0,685	0,000	15,0	0,0	4,7	10,3	0,0	Ableitung	
Maßnahme	einfügen	Garten, Grünflächen		260	0,083	0,331	0,586	0,000	195,0	16,2	64,5	114,3	0,0	Ableitung	
Maßnahme	löschen	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		25	0,003	0,594	0,404	0,000	18,8	0,0	11,1	7,6	0,0	RWB	
Maßnahme	Maßnahme	teildurchlässige Beläge (Porensteine, Sickersteine)		15	0,003	0,594	0,404	0,000	11,3	0,0	6,7	4,5	0,0	RWB	
Maßnahme	RWB	Versickerungsmulde		15	0,000	0,931	0,069	0,000	66,9	0,0	62,3	4,6	0,0	Ableitung	

Konfiguration verschiedener Anlagen

Kombination mit anderen Elementen
(z.B. Gründach → Mulde)

Wasserbilanzmodell WABILA



Einbindung in kommunale Praxis

Abweichung vom Referenzzustand

- Abweichungen zum Referenzzustand:
+/- 5-10%-Punkte im Normalfall machbar
- Größere Abweichungen sind *ausführlich fachlich zu begründen* und ihre Berücksichtigung im Rahmen von Ersatz- und Ausgleichsregelungen zu prüfen.
→ *ökonomisch/ technische Machbarkeit* diskutieren
- Direktabfluss: deutliche *Unterschreitung* gegenüber Referenzzustand *tolerierbar*

Stellenwert Wasserhaushaltsbilanzierung

- Werkzeug zur Ermittlung von *Varianten und Machbarkeiten*
→ „Wo geht die Reise hin?“
- bewusst einfaches *Kommunikationswerkzeug*
- *Ersetzt keine* fachliche Objektplanung!

Einbindung in kommunale Praxis

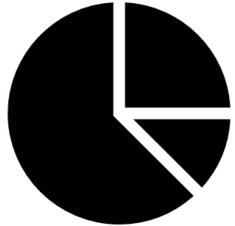
Einbindung in städtebauliche Prozesse (Neubau)

- Wasserbilanz für Referenzzustand *vor Beginn* städtebaulicher Planungen als *Zielvorgabe festlegen*
- *Bewirtschaftungsmaßnahmen frühzeitig* in städtebaulichen Entwurf einbinden (Art, Flächen, Trassen)
→ „es geht um die Flächen“
- Wasserhaushaltsbilanzierung nach Möglichkeit *verpflichtend für städtebauliche Wettbewerbe* etablieren
- Möglichkeiten der *verbindlichen Umsetzung in Bauleitplanung* ausschöpfen
- Möglichkeiten von *städtebaulichen Verträgen* ausschöpfen
- ggf. weitergehende Argumentationswerkzeuge erarbeiten
→ z.B. Wirtschaftlichkeit

Einbindung in städtebauliche Prozesse (Bestand)

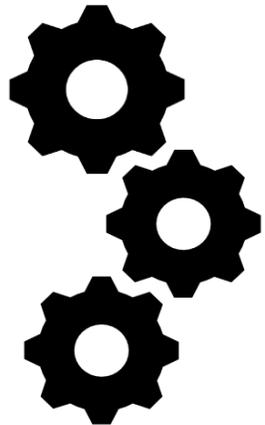
- *Strategiepläne* erarbeiten → möglichst konkret
- *Förderprogramme* entwickeln
- Kommunikationswerkzeug
- *Bürger*innen-Beratung*
- Wasserhaushaltsnachweis ggf. im Rahmen des *Entwässerungsantrag* fordern
→ rechtliche Verbindlichkeit prüfen
- ggf. Anpassung der *Gebührenstruktur* notwendig

Festlegen von Standards kann hilfreich sein



Wasserhaushaltsnachweis nach DWA-M 102-4

- Wasserhaushalt: Stadtlandschaft \approx Kulturlandschaft
- erprobte Maßnahmen \rightarrow Stand der Technik
- einfaches Wasserbilanzmodell für Bauleit- und Objektplanung



Bedeutung für die Praxis

- Eingriff in Wasserhaushalt kompensierbar
- Einbindung in kommunale Praxis als integraler Prozess
- Synergien Wasserhaushalt – Stadtgrün – Stadtklima



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Birgitta Hörnschemeyer M.Sc.

FH Münster
Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt
Arbeitsgruppe Wasserwirtschaft und Stadtentwässerung

Corrensstraße 25 fon +49 (0)251.83 65590
D-48149 Münster b.hoernschemeyer@fh-muenster.de

