



## Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank W. Günthert

Universität der Bundeswehr München in Neubiberg,  
Institut für Wasserwesen

# Auswirkungen des Klimawandels

auf das Entwässerungssystem und  
Herausforderungen durch Starkregen,  
Geruchsprobleme und Mikroplastik

# Auswirkungen des Klimawandels auf das Entwässerungssystem



## Der Charakter bleibt

Die Siedlung Alte Heimat soll nicht zu einem Quartier werden, in dem die Mieten kaum mehr zu bezahlen sind. Die städtische Wohnungsbaugesellschaft Gewofag und der Kommunalreferent kündigen behutsame Sanierung an

VON ANDREA SCHLAIER

Laim – Hätte nur noch gefehlt, dass sich die Protagonisten auf offener Bühne umarmen. So ostentativ präsentieren die Partner innerhalb einer Pressekonferenz das gegenseitige „Eingovernen“ und das mit ihrer „ganz b...“  
nalreferent / der städtisch Gewofag sa Klaus-Micha nicht nur fü für die Groß Heimat an. S gleich auch die zwische wachsen sei folge, „Mün Sonnenseite angewiesen Wände auch rung noch le



## Hendricks will mehr Bauland in Städten

**Berlin** – Bundesbauministerin Barbara Hendricks (SPD) will mehr Flächen für den Wohnungsbau in Städten schaffen. Es gebe zu viele Baulücken wegen behördlicher Auflagen, sagte Hendricks. Künftig solle es leichter werden, Auflagen etwa zum Lärmschutz zu lockern. MIBA **Wirtschaft**

## Die Stadt macht Platz

Jährlich sollen etwa 350 000 Wohnungen entstehen, um Knappheit und hohen Mieten zu begegnen. Dabei könnten auch Flächen helfen, die bisher tabu sind

VON MICHAEL BAUCHMÜLLER

Berlin – Wenn die Stadt wächst, freut das den Bürgermeister. Einerseits. Zu Beginn des Jahrtausends etwa lebten in Münster 265 000 Menschen. 2014 überschritt die Stadt die Marke von 300 000 Einwohnern, und alle Prognosen sagen weiteren Zuwachs voraus. „Das Schöne ist, wir haben wieder mit bürgermeisterlicher. Nur w...“  
„Vor 20 Jah...“  
Flächen. He...“  
chen von e...“  
Neubausie...“  
Stadt aber...“  
Das liegt...“  
len Mensch...“  
Schutz auch...“  
nen Attrak...“  
nenwander...“  
als gedach...“  
Barbara He...“  
lung war a...“  
schend.“ S...“  
Schätzung...“  
nen Wohn...“  
aber etwa...“  
hen müsse

des Kreises. „Bezahlbarer Wohnraum“, sagt Münsters Oberbürgermeister Lewe, „gehört mitten in die Stadt rein.“

Nur – wohin da? Die Lösung heißt „Verdichtung“. Wo bisher schon Stadt ist, soll noch mehr Stadt werden – durch die Aufstockung bestehender Gebäude oder die Füllung von Baulücken. „Durch Innenverdichtung erreichen wir, dass wir keine neu-

Viele Betriebe arbeiteten heute ohnehin nicht mehr so laut wie früher, heißt es in ihrem Ministerium. Erst vor kurzem war auch die „Sportanlagenlärmschutzverordnung“ gelockert worden, die das Nebeneinander lärmender Sportplätze mit Wohnhäusern regelt. Obendrein mische sich in den urbanen Gebieten die Bevölkerung besser, das erleichtere auch die Integration.

Doch nicht nur der Lärmschutz behindere Flächen – auch Auf- Einbau von Fahrstüh- g, sobald ein Gebäude osse hat – weshalb in viele Bauherren just schoss das Dach vorsan- aber könnten allein bestehender Gebäude l auch der Bund nicht n Aufzug verzichten. h die Einbauten stan- ich die Länder auf ge- zungsordnungen ver- Darin könnten sie Auf- , die sich für den nach- r Anbau eignen. Das Fahrstühle dann billi- Bereitschaft zum vier- schoss. Auch durch den rische Autostellplätze er worden.

## Umweltpolitiker kontra Söder

Innerhalb der CSU ist ein Streit über den Flächenfraß entbrannt

ne Pläne durchsetzen kann. Aktuell werden jeden Tag 18 Hektar freie Landschaft zubetoniert. Das heißt, dass in 19 Monaten Landschaften von der Größe der Stadt Nürnberg verschwinden. „In den jüngsten Umfragen haben vier von fünf Bayern angegeben, dass sie gerne im Freistaat leben, 90 Prozent davon nannten als wichtigsten Grund die schöne bayerische Landschaft“, sagt Göppel. „Und es ist unsere Partei, die



(Simbach Juni 2016\_SZ 24.-25.05.2017)



(Braunsbach Mai 2016\_SZ 29.05.2017)

## Hintergründe

- Zunahme der Versiegelung im urbanen Raum
- Klimaveränderung mit extremen Temperaturen und starken Niederschlägen im Sommer
- Hochwasser und urbane Sturzfluten führen zu lokalen Sachschäden und Todesfällen
- Öffentliche Entwässerungseinrichtungen können Starkregen nur z.T. aufnehmen
- Lokale Starkregen können überall und ohne Vorwarnzeit auftreten

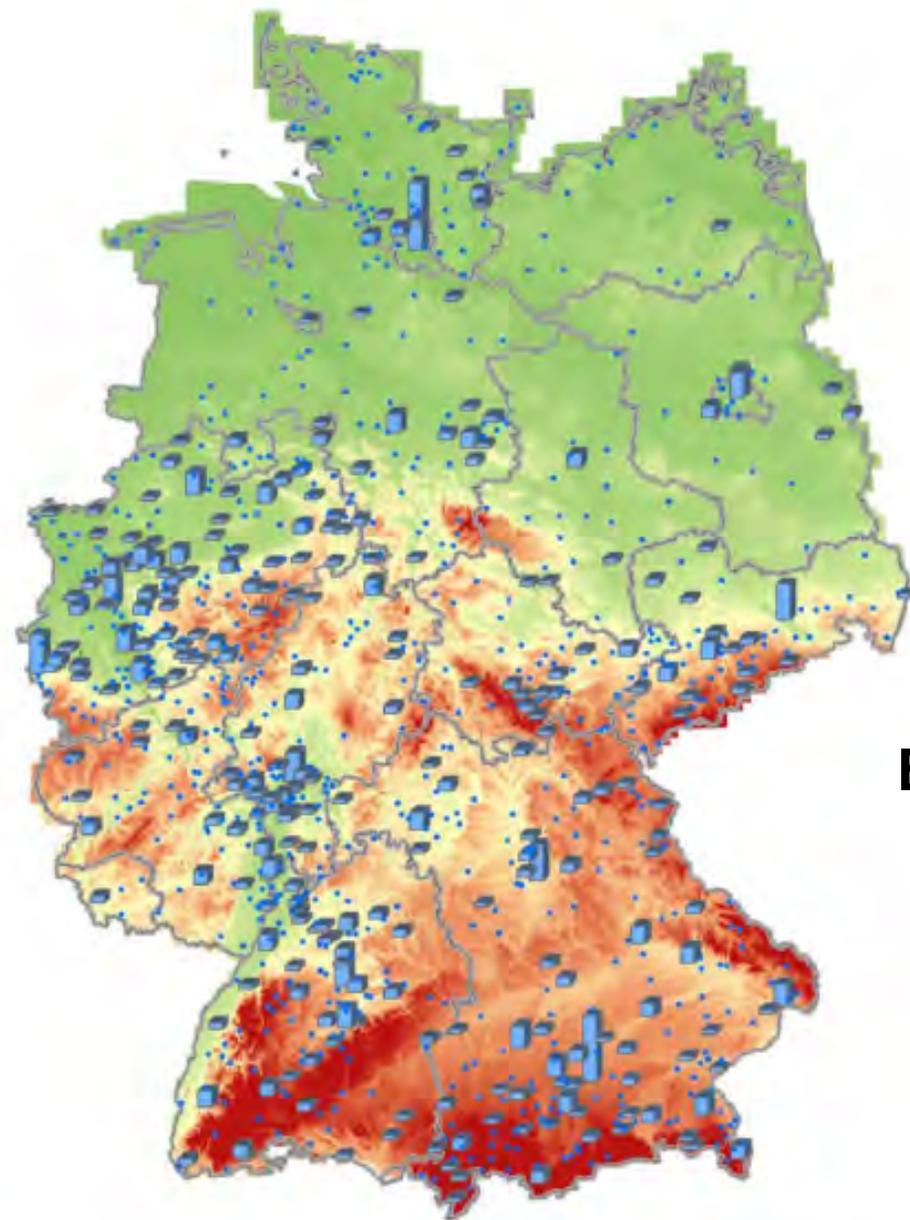
## Definition Starkregen

„Von Starkregen spricht man bei großen Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit. Er fällt meist aus konvektiver Bewölkung (z. B. Cumulonimbuswolken). Starkregen kann zu schnell ansteigenden Wasserständen und (bzw. oder) zu Überschwemmung führen, häufig einhergehend mit Bodenerosion.

Der DWD warnt deswegen vor Starkregen in 2 Stufen (wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden):

- Regenmengen  $\geq 10$  mm / 1 h oder  $\geq 20$  mm / 6 h (Markante Wetterwarnung)
- Regenmengen  $\geq 25$  mm / 1 h oder  $\geq 35$  mm / 6 h (Unwetterwarnung)

(DWD 2015)



## Erfasste Sturzflutereignisse in Deutschland



(Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH et al. 2008)

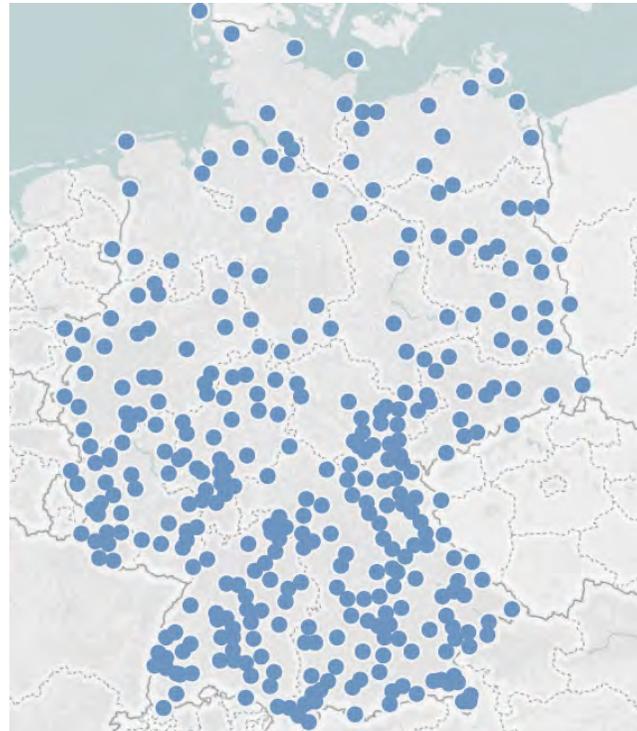
# Entwicklung von Starkregenereignissen

Jeder Punkt auf der Karte steht für eine Messstation, an der es im betreffenden Jahr mindestens einmal Niederschläge von 15 Millimetern oder mehr pro Stunde gegeben hat. Starkregen beginnt beim Deutschen Wetterdienst ab 17 mm/h, andere Definitionen legen niedrigere Schwellenwerte an.

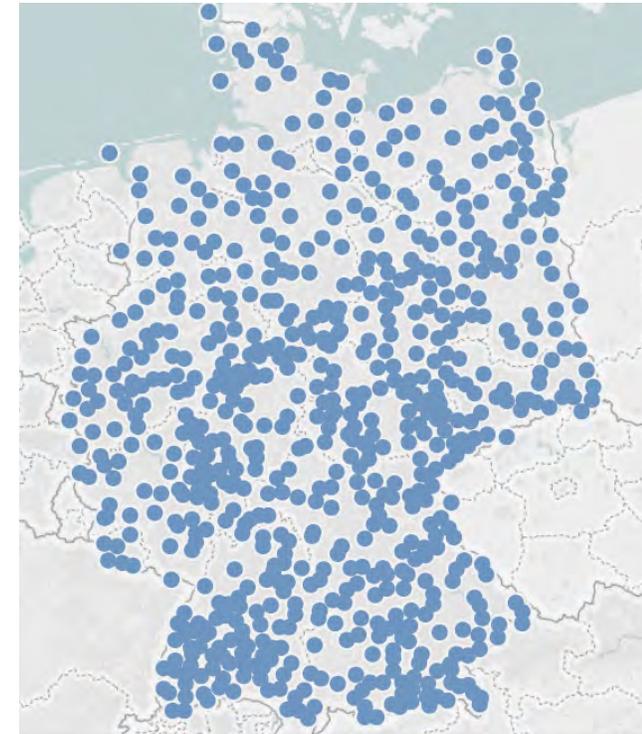
Grafik: stern; Daten: DWD, Correctiv.or



1996



2005



2014

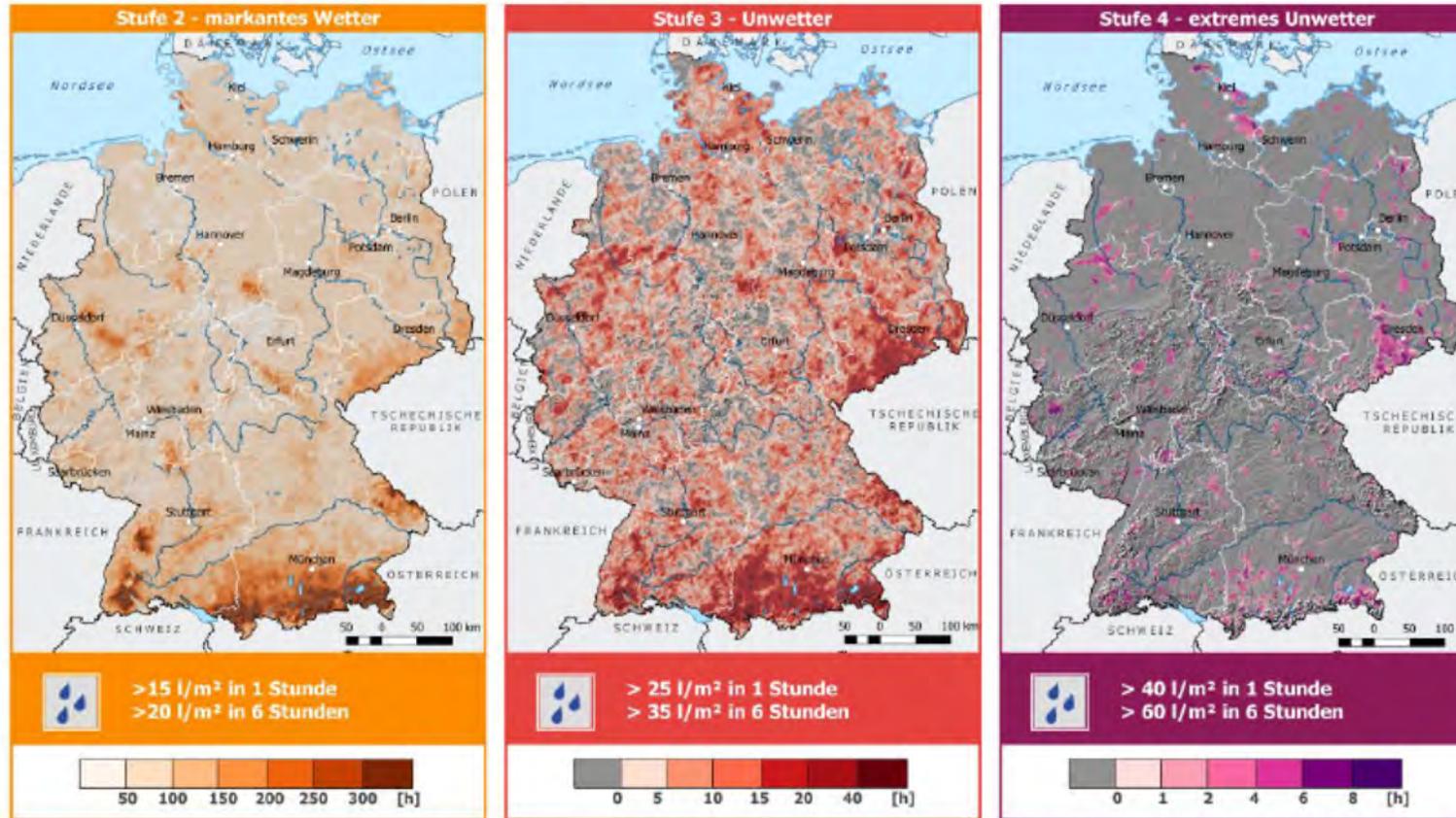
# Entwicklung von Starkregenereignissen

DWD

Gesamtanzahl der Niederschlagsstunden im Zeitraum 2001-2016 mit Überschreitung der Warnschwellen

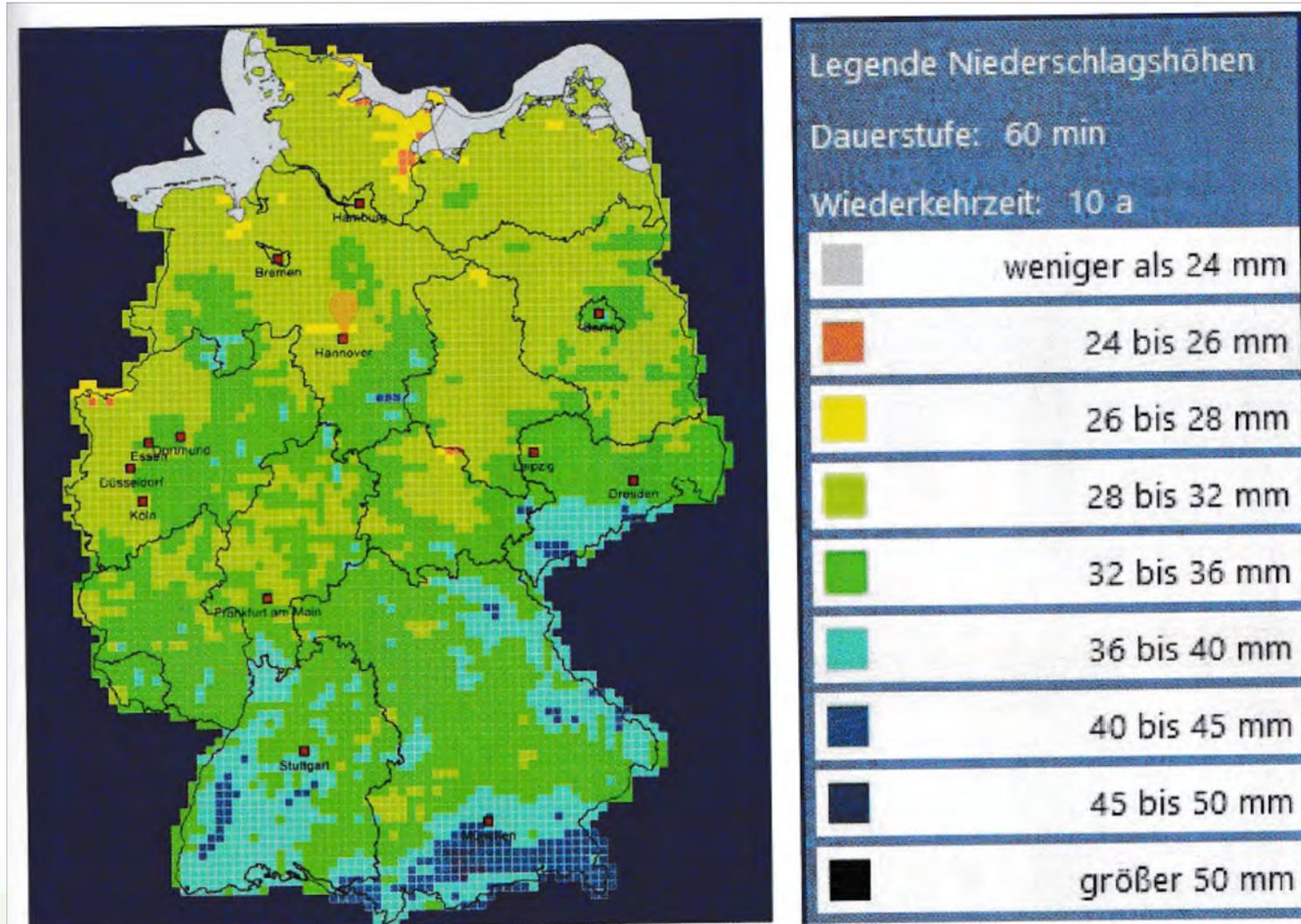
## STARKREGEN

Gebisdaten: © GeoBasis-DE/BKG 2014. Klimadaten und Darstellung: © DWD 2017 (Fallenklimatologie v2016.003)



Gesamtzahl der Niederschlagsstunden im Zeitraum 2001-2016 mit Überschreitung der Warnschwellen (LAWA 2018)

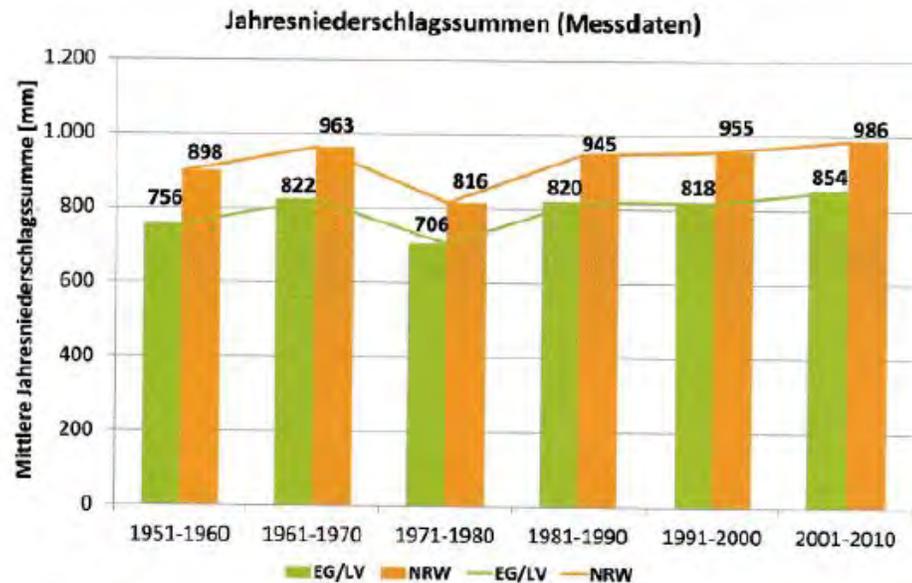
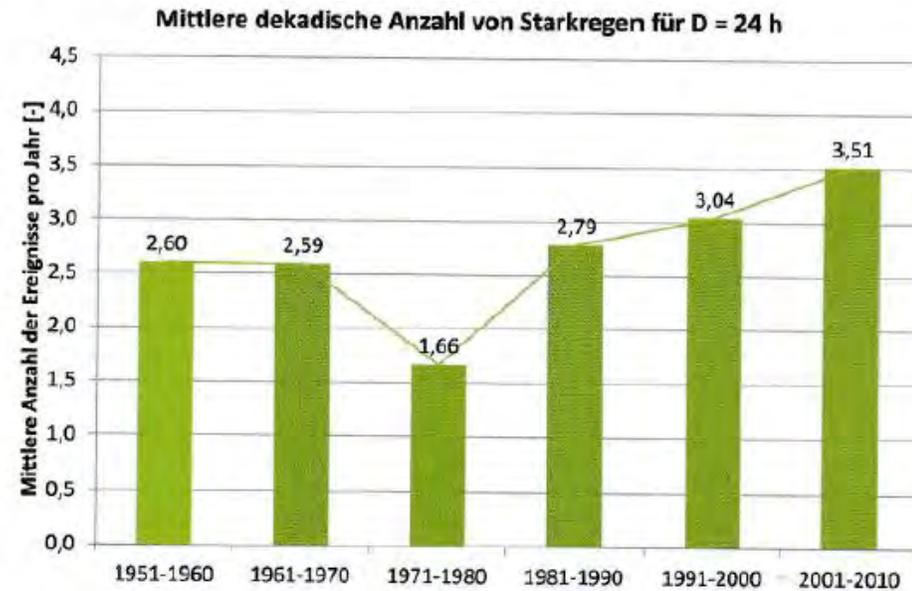
# Entwicklung von Starkregenereignissen



**Bild 2:** Räumliche Verteilung der Starkniederschlagshöhe (in mm) nach KOSTRA-DWD-2010 für die Dauerstufe  $D = 60$  min und das Wiederkehrintervall  $T_n = 10$  a (1951 bis 2010, Monate Januar bis Dezember) [18]

Quirnbach (2017)

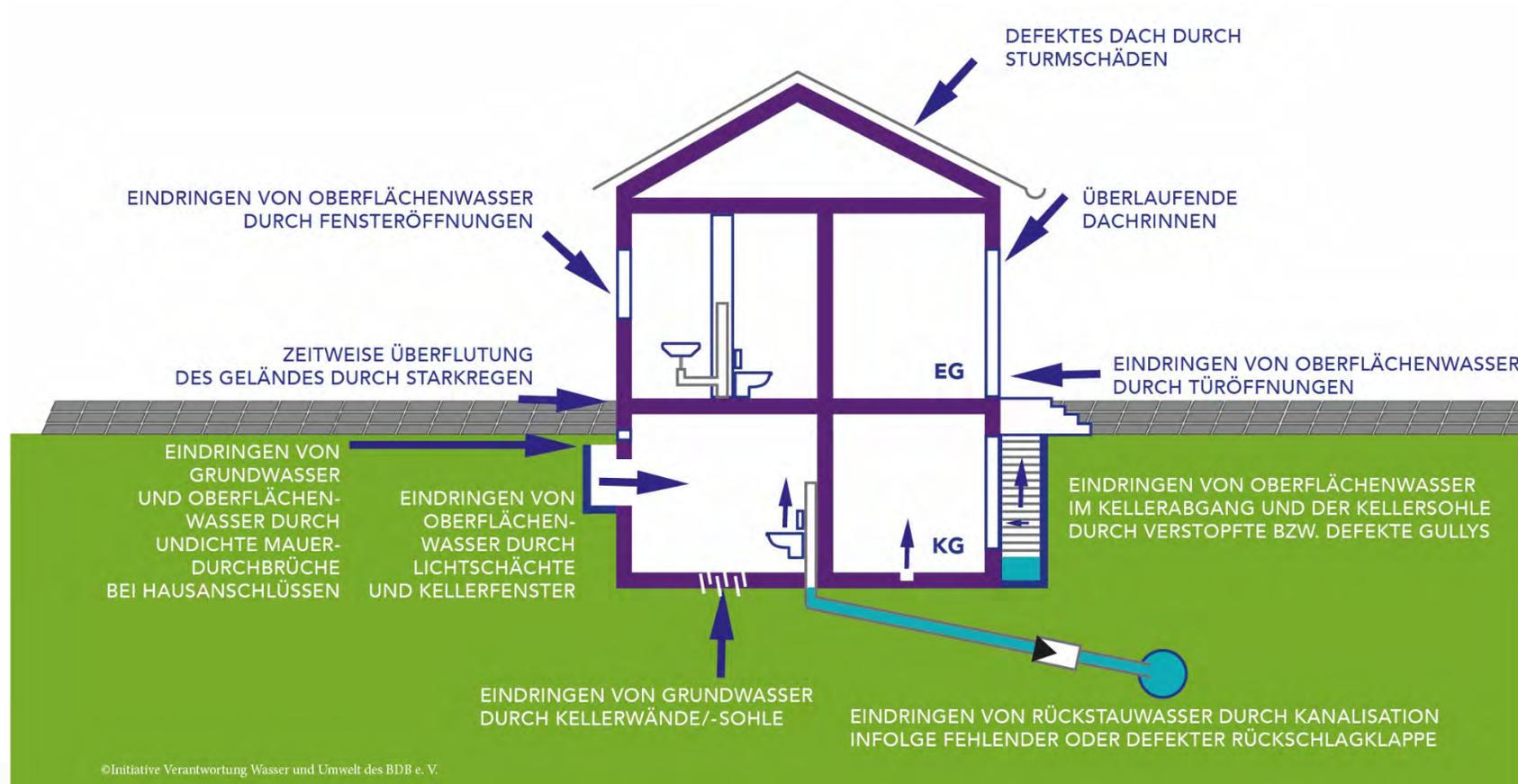
# Entwicklung von Starkregenereignissen



## Überflutungsgefahren durch Starkregen

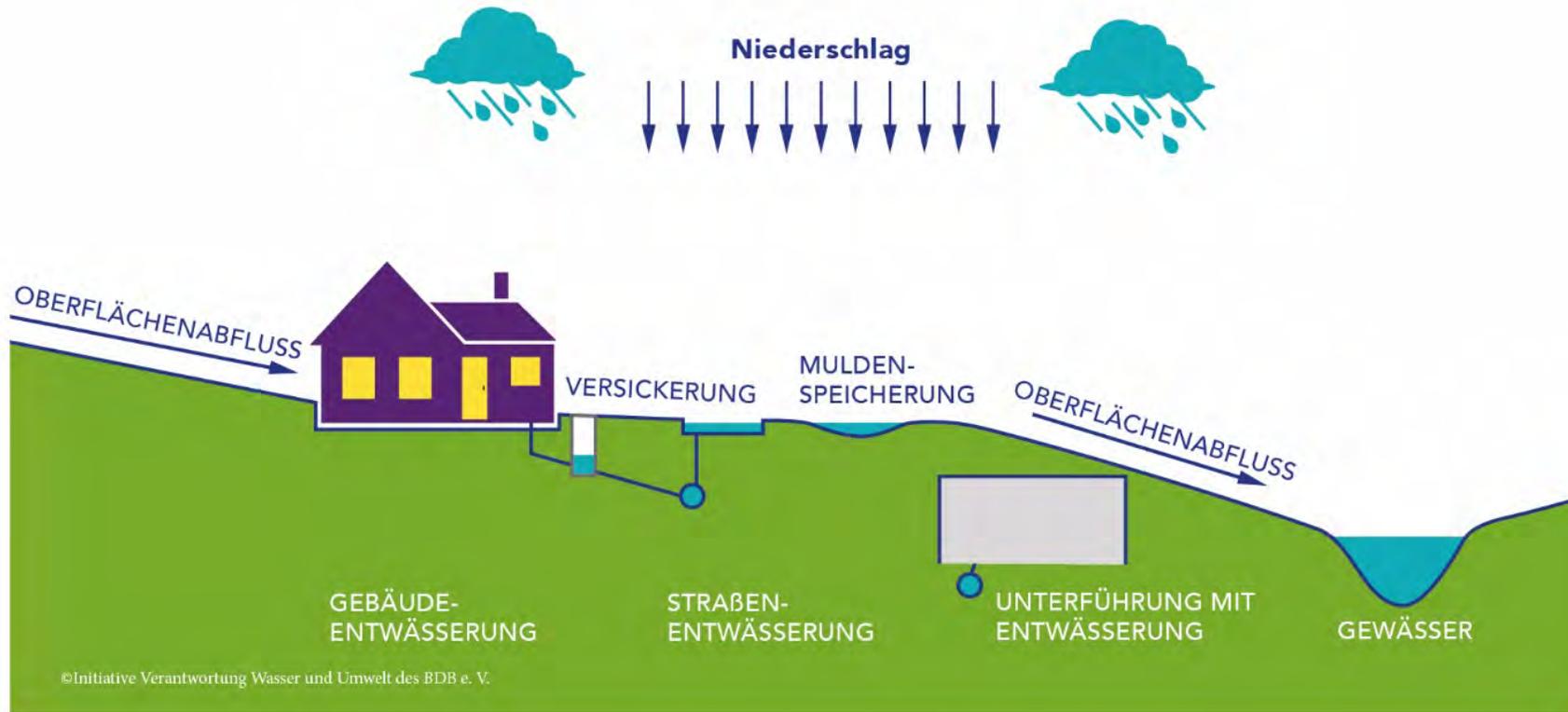
- Tiefpunkte (Senken, Unterführungen)
- Abschüssige Straßen oder Geländebeziehungen
- Hydraulische Überlastung der Entwässerungseinrichtungen
- Zufluss von Außengebieten
- Überflutung durch Ausuferung von kleinen Gewässern
- „Schlafende Gewässer“ und Bachverrohrungen

# Gefährdung von Gebäuden



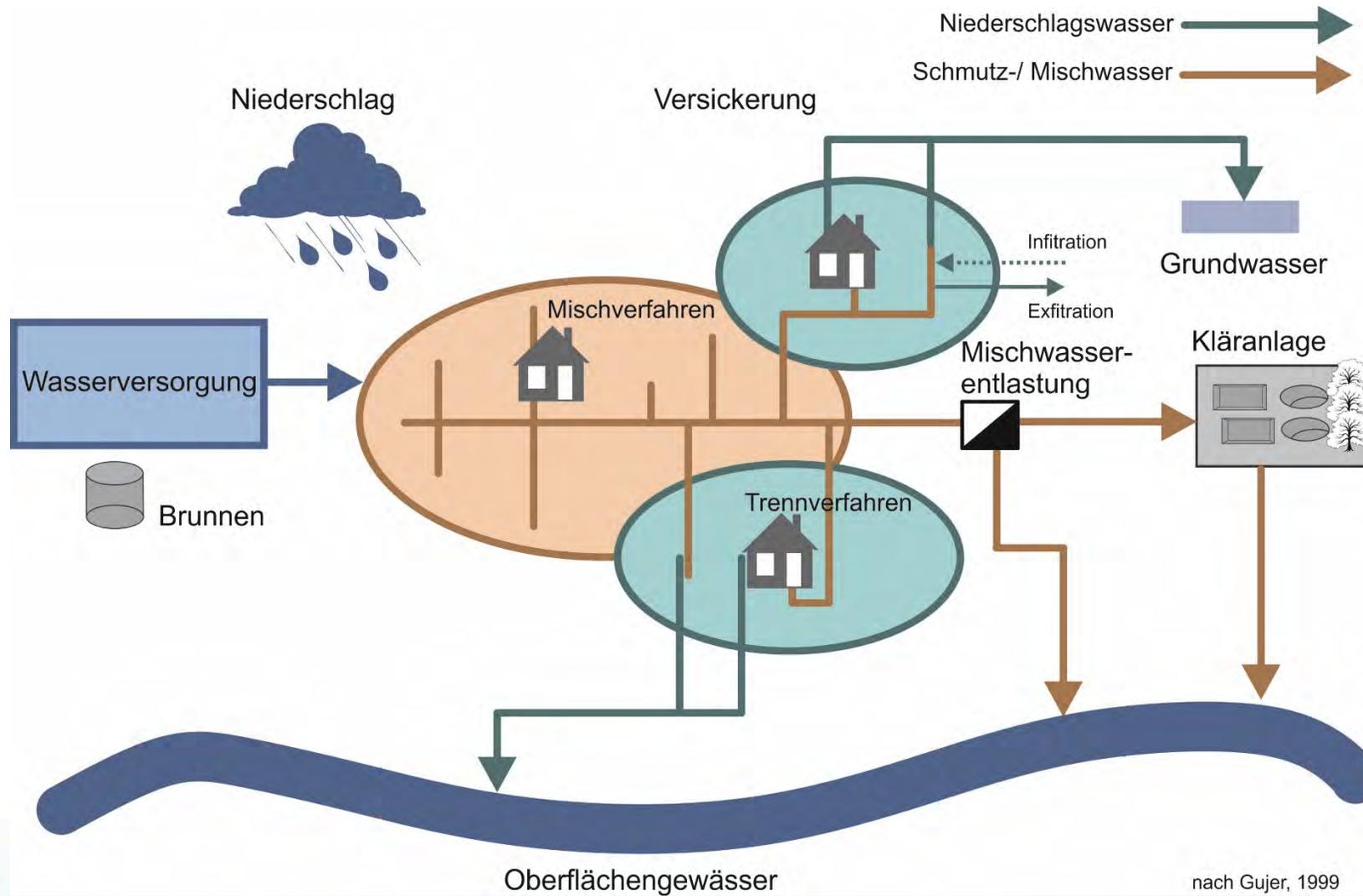
Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V.

# Niederschlag – Abflussbildung - Entwässerung



Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V.

# Gesamtsystem Abwasserbeseitigung

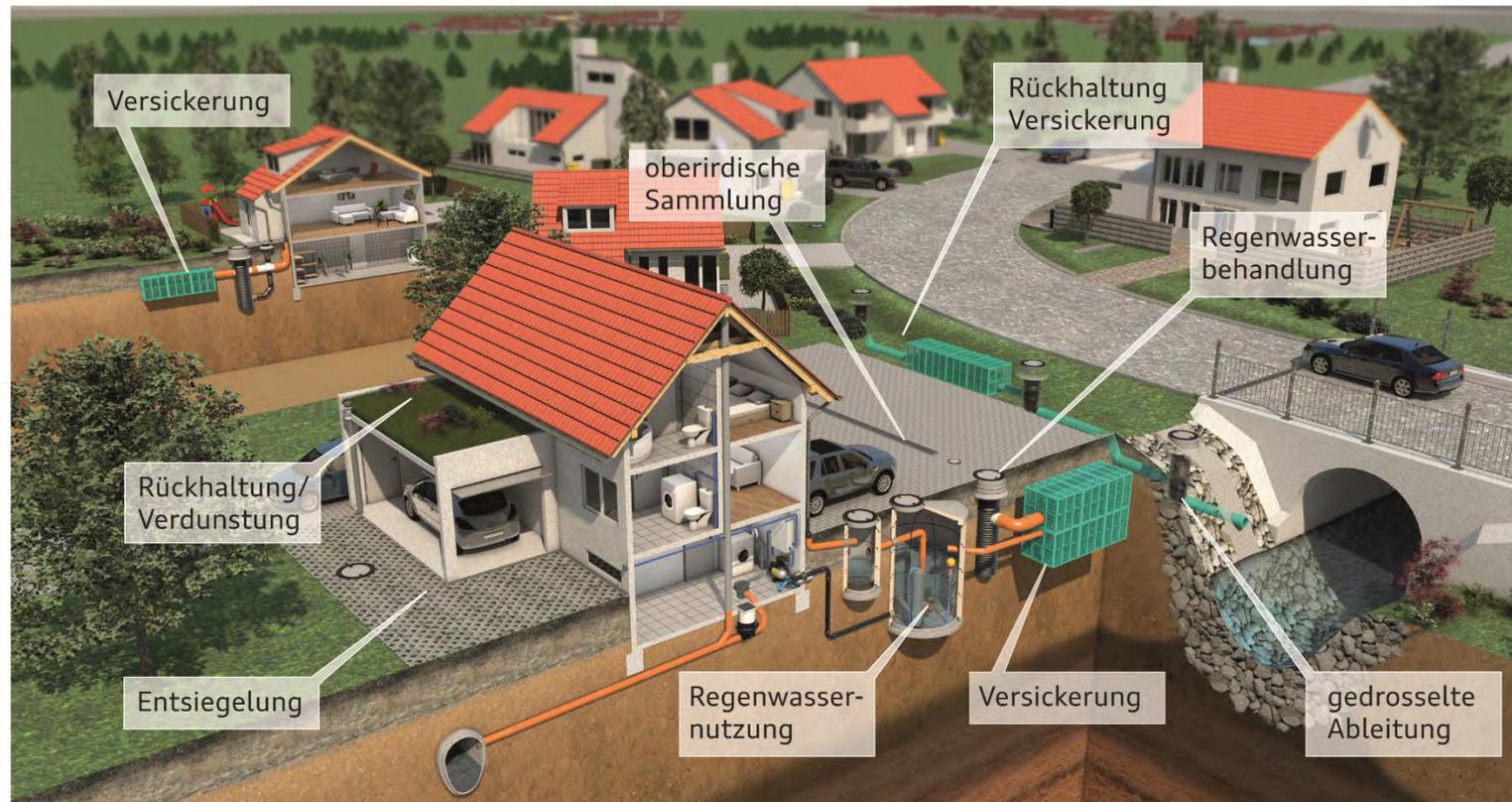


# Entwässerungsverfahren



Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V.

## Niederschlags – Abflussprozess mit Regenwassermanagement



© Initiative Verantwortung Wasser und Umwelt des BDB e.V.

(nach LfU (2013))

## Neue technische Regeln

Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden-Kanalmanagement DIN EN 752:2017  
(mit Hinweis auf DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke)

### 4.2 Öffentliche Gesundheit und Sicherheit

Entwässerungssysteme werden vorgesehen, um:

- die Ausbreitung von Krankheiten durch Kontakt mit fäkalen und anderen im Wasser enthaltenen Verunreinigungen zu vermeiden;
- Trinkwasserquellen vor der Kontamination mit im Wasser enthaltenen Verunreinigungen zu schützen;
- Regenabfluss und Niederschlagswasser abzuleiten und damit die Gefährdung der Öffentlichkeit zu minimieren (einschließlich der Gefährdung durch Überflutung).

Schlecht geplante, gebaute oder unterhaltene Systeme können die öffentliche Gesundheit und Sicherheit gefährden.

Ziel ist es, das System so zu planen, bauen, betreiben, unterhalten und zu sanieren, dass die mit der Ableitung von Abwasser verbundene Gesundheits- und Sicherheitsrisiken minimiert werden.

#### 5.1.2 Schutz vor kanalindizierter Überflutung

Überflutungen aus Abwasserleitungen und -kanälen können Auswirkungen auf die Gesundheit der betroffenen Menschen haben. Darüber hinaus können sie Gebäude und die kommunale Infrastruktur beschädigen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen können hoch sein und sind abhängig von der Art des überfluteten Gebietes.

(DIN EN 752, Juli 2017)

# Bemessungsregenhäufigkeiten

Beispiele für Bemessungsregenhäufigkeiten für Rohre, die ohne Überlastung lediglich vollgefüllt sind (DIN EN 752:2017)

Ort	Bemessungsregenhäufigkeiten <sup>a</sup>	
	Jährlichkeit Jahre	Überschreitungs- wahrscheinlichkeit je Jahr
Ländliche Gebiete	1	100 %
Wohngebiete	2	50 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	10	10 %

<sup>a</sup> Für das gewählte Bemessungsregenereignis darf das Rohr lediglich vollgefüllt und nicht überlastet sein.

# Überflutungshäufigkeiten

Auswirkung	Beispielhafte Orte	Beispiele für Bemessungshäufigkeiten von kanalindizierten Überflutungen	
		Jährlichkeit Jahre	Überschreitungswahrscheinlichkeit je Jahr
Sehr gering	Straßen oder offene Flächen abseits von Gebäuden	1	100 %
Gering	Agrarland (in Abhängigkeit von der Landnutzung, z. B. Weidegrund, Ackerbau)	2	50 %
Gering bis mittel	Für öffentliche Einrichtungen genutzte offene Flächen	3	30 %
Mittel	An Gebäude angrenzende Straßen oder offene Flächen	5	20 %
Mittel bis stark	Überflutungen in genutzten Gebäuden mit Ausnahme von Kellerräumen	10	10 %
Stark	Hohe Überflutungen in genutzten Kellerräumen oder Straßenunterführungen	30	3 %
Sehr stark	Kritische Infrastruktur	50	2 %

Beispiele für Bemessungskriterien für Kanalindizierte Überflutungen für stehendes Wasser aus Überflutungen (DIN EN 752:2017)

Die Jährlichkeit sollte erhöht werden (Wahrscheinlichkeiten reduziert), wo das Wasser aus Überflutungen schnell fließt.

Bei der Sanierung von bestehenden Systemen und wo das Erreichen derselben Bemessungskriterien für ein neues System übermäßige Kosten zur Folge hätte, darf ein niedrigerer Wert in Betracht gezogen werden.

## Nachweise von Entwässerungssystemen

Zur Anpassung der Entwässerungseimrichtungen an veränderte Risiken durch Klimawandel sind die Bemessungsabflüsse bei Bedarf, insbesondere bei vermehrten Überflutungsereignissen, angemessen zu erhöhen.

Überflutungsnachweise für die zu schützenden Gebiete sind für die aktuelle Bebauung und Oberflächengestaltung erforderlich, um gegebenenfalls notwendige Sanierungs- und Schutzmaßnahmen auszuführen.

## Analyse von Überflutungsgefährdung

### Hydraulische Analyse Entwässerungssystem

- Ergebnisse Generalentwässerungsplanung
- Auswertung Überstauberechnung

### Topografische Analyse Oberfläche

- Kartenauswertung Topografie, Infrastruktur etc.
- GIS-Analyse Fließwege und Senken

### Vereinfachte Überflutungsberechnung

- Statische Volumenbetrachtung
- Straßenprofilmethode

### 2D-Überflutungssimulation

- 2D-Simulation des Oberflächenabflusses
- Gekoppelte 1D/2D-Abflusssimulation

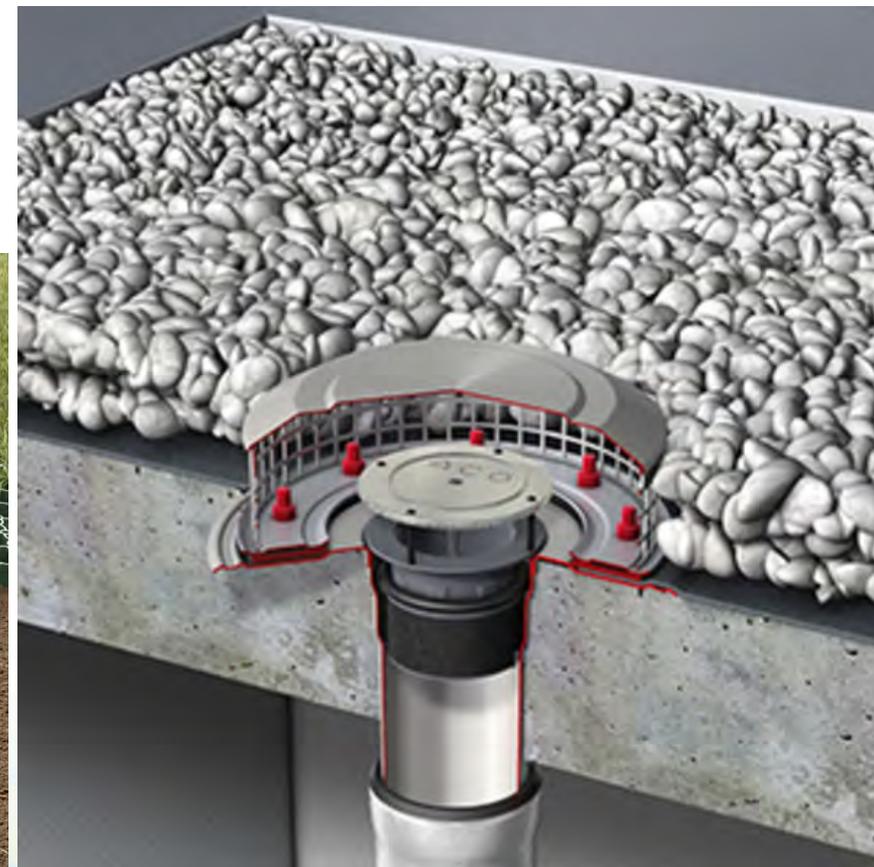
(DWA M119 11/16  
Risikomanagement in  
der kommunalen  
Überflutungsvorsorge  
für Entwässerungs-  
systeme bei Starkregen)

# Kommunales Risikomanagement Überflutungsschutz



(DWA-M 119, 11/2016)

## Einleitungsmöglichkeiten von Regenwasser



(© ACO)

## Retentions- und Versickerungsanlage



(© HTI)

## Betrieb von Entwässerungsanlagen

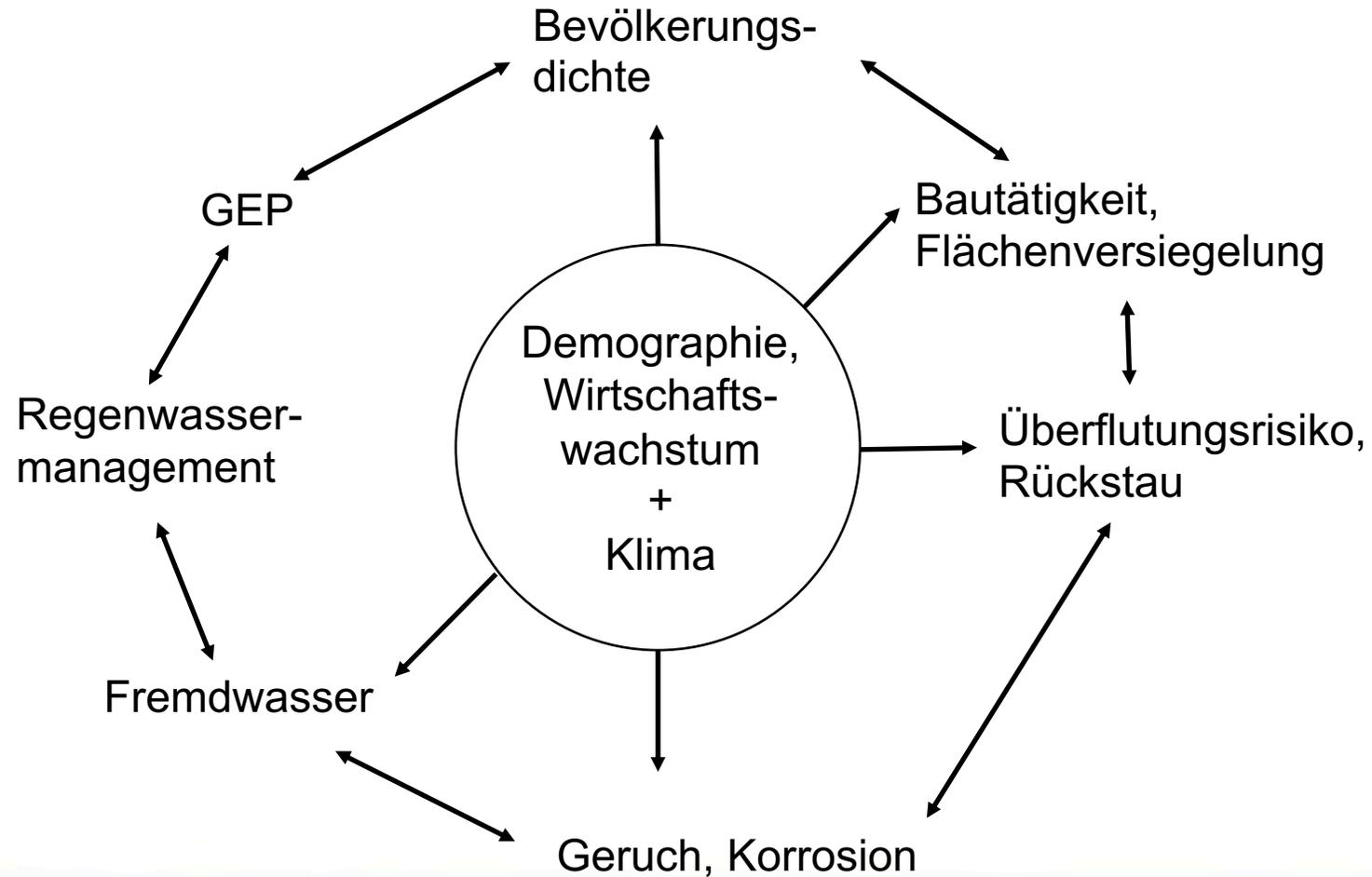


## Dachbegrünung als ein Element der Entwässerung



(© HTI)

# Auswirkungen Demographie + Klima



# **Mikroplastik im Abwasser**

## **Herkunft – Stoffströme - Umweltauswirkung**

1. Definition von Mikroplastik
2. Herkunft und Anfall
3. Eintragsmengen
4. Stoffströme allgemein
5. Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen
  - Stoffströme
  - Eintrag in Fließgewässer
  - Untersuchung Breitbarth & Urban
6. Umweltauswirkungen und Problematik
7. Erwartungen/Aussicht

## Definition von Mikroplastik

*„Microplastics are small plastic pieces less than five millimeters long which can be harmful to our ocean and aquatic life“ (Bertling et al. 2018)*

kurz: **Mikrokunststoffe < 5 mm**

- Kleine Kunststoffpartikel oder –fasern, die:
  - ❖ unter Standardbedingungen eindeutig fest sind (unlöslich)
  - ❖ direkt aus Anwendung in die Umwelt gelangen oder
  - ❖ durch langsamen Zerfall größerer Objekte entstehen
- Begriffsbildung auf Basis physikalischer Eigenschaften (Form, Größe, Material) und formaler oder pragmatischer Erwägungen (Abgrenzung zu Nanopartikeln, verfügbare Messtechnik etc.)

## Herkunft und Anfall von Mikroplastik

- **Hauptquellen**

1. Straßenverkehr

2. Abfall

.....

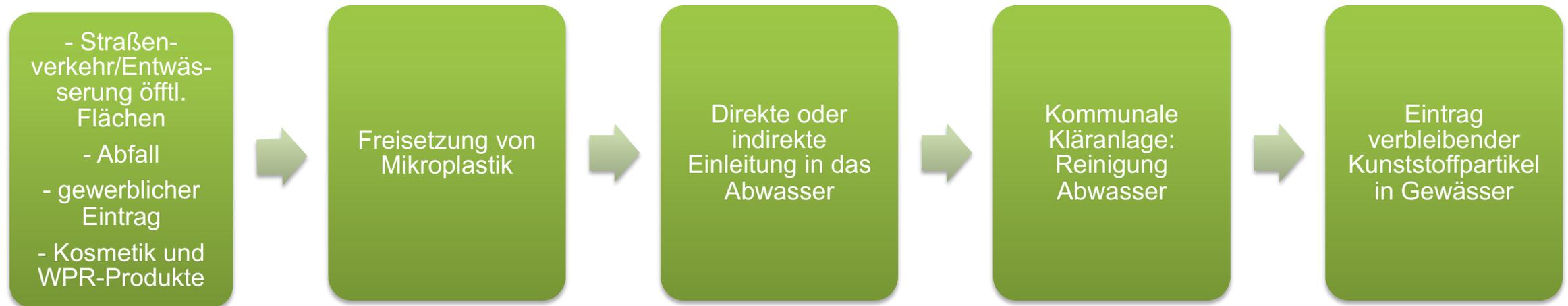
7. Schuhsohlen

.....

17. Kosmetik

- **Gesamtanfall: 330 000 Mg /a (4 kg/E a )** entspricht 74 % des Gesamtaufkommens

## Stoffströme Abwasser



## Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen

### Untersuchung Breitbarth M. & Urban A. (2018)

- Breitbarth M. & Urban A. haben:
  - ❖ das Auftreten von Kunststoffpartikeln  $< 1$  mm
  - ❖ deren Verteilung auf die Stoffströme in kommunalen Kläranlagen
  - ❖ den Rückhalt von Kunststoffen in der Kläranlage untersucht

- Untersuchungsgebiet

4 Referenzkläranlagen unterschiedlicher Größenklassen in Nordhessen mit kunststoffproduzierenden,-verarbeitenden oder –anwendende Betriebe im Einzugsgebiet

## Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen

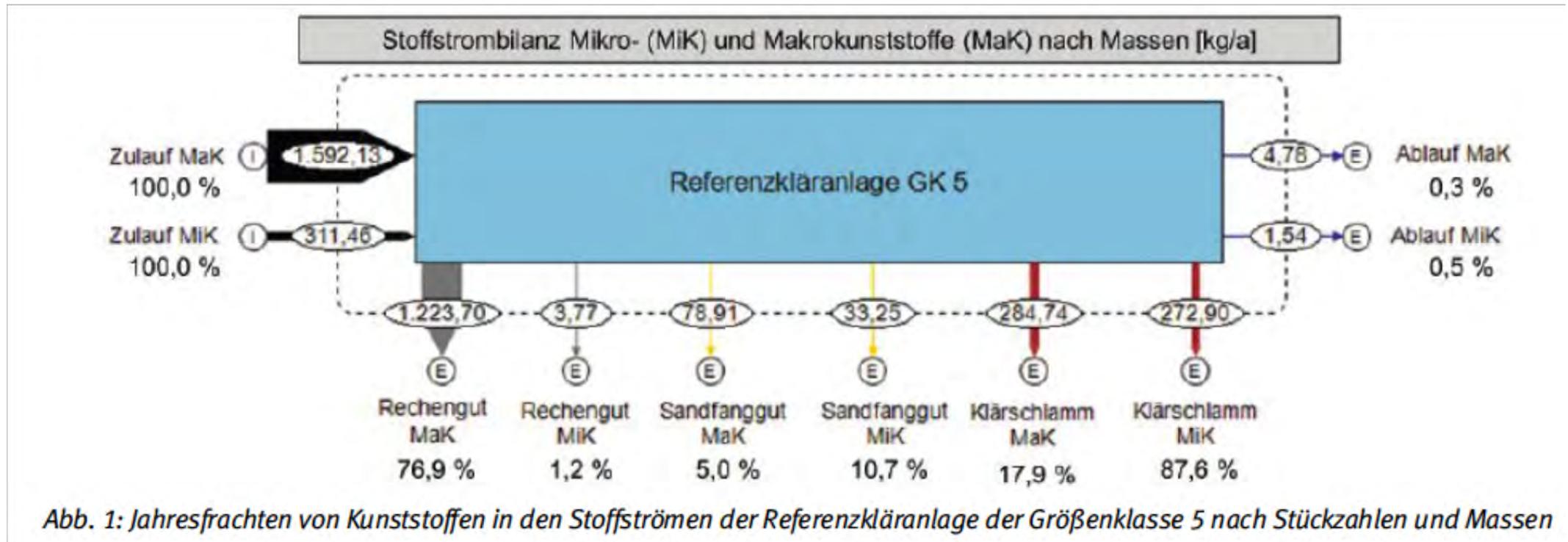
### Untersuchung Breitbarth M. & Urban A. (2018)

#### Ergebnis

- In nahezu allen Proben Auffinden von Kunststoffpartikeln → kontinuierlicher Eintrag
- Rückhalt Kunststoffe in Kläranlage durchweg bei über 96 Ma.-% und 92,9 Stck.-% (Partikel mit geringere Dichte eher in Ablauf)
- Konzentrationen im Ablauf: zwischen 0,02 und 0,23 mg/m<sup>3</sup>
  - ❖ in 2 von 10 m<sup>3</sup> gereinigtem Abwasser befindet sich ein Kunststoffpartikel der Größe 1-5 mm
  - ❖ Partikel < 1 mm deutlich höhere Konzentration:
    - < 500 µm: zwischen 12 und 8851 Stck./m<sup>3</sup>
    - > 500 µm: zwischen 0 und 52 Stck./m<sup>3</sup>

## Verteilung in den Stoffströmen

### Jahresfrachten von Kunststoffen in den Stoffströmen



MaK = Makrokunststoffe

MiK = Mikroplastik

Quelle: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2018 (65) Nr.9

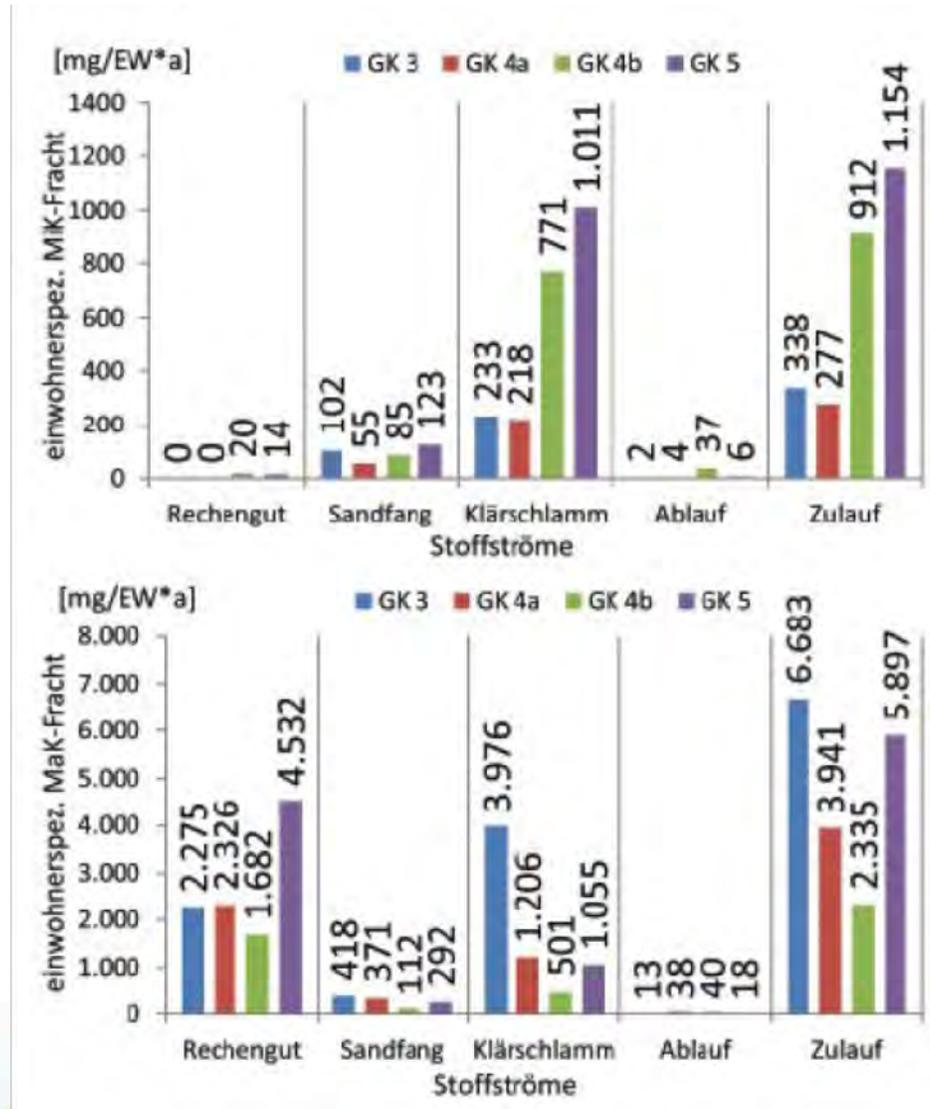
## Identifizierte Kunststoffprodukte mit ihren Quellen

Quelle	Eintragspfad	Produkte
Haushalte	Küchenspüle	Obstaufkleber, Obstnetzpartikel
	WC	Tamponfolien, Wattestäbchen, Einweg-Rasierklingen, Pflaster
	Waschmaschine	Textiletiketten, Heftfäden, Knöpfe, Strasssteine, Haarspangenbezüge, Ohrsteckeraufsätze, Perlen
Industrie	Gullys	Pellets
öffentliche Flächen (Verkehrswege, Plätze ...)	Gullys	gelitterte Verpackungen bzw. deren Fragmente

*Tabelle 2: Identifizierte Kunststoffprodukte mit deren Quellen und Eintragspfaden im Aufkommen an Kunststoffen in kommunalen Kläranlagen*

Quelle: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2018 (65) Nr.9

# Einwohnerspezifische Jahresfrachten für MiK und MaK



Quelle: KA Korrespondenz  
Abwasser, Abfall, 2018 (65) Nr.9

## Untersuchung Breitbarth M. & Urban A. (2018)

- Bundesweiter Eintrag von Kunststoffpartikeln > 1mm aus komm. Kläranlagen in Fließgewässer: 2,4 Mg/a bzw. 5,2 Mrd. Partikel p.a.
  - ❖ im Vgl. zum Meereseintrag relativ gering, dennoch gelangen über Stoffströme Rechengut, Klärschlamm und Sandfanggut p.a. rund 296 Mg Kunststoff > 1mm in die Umwelt
- Unsicherheiten der Untersuchung:
  - ❖ Nicht überall besteht gewerblicher Eintrag
  - ❖ Einträge über Entlastungen von Regenüberlaufbecken oder direkt über die Regenkanalisation nicht berücksichtigt

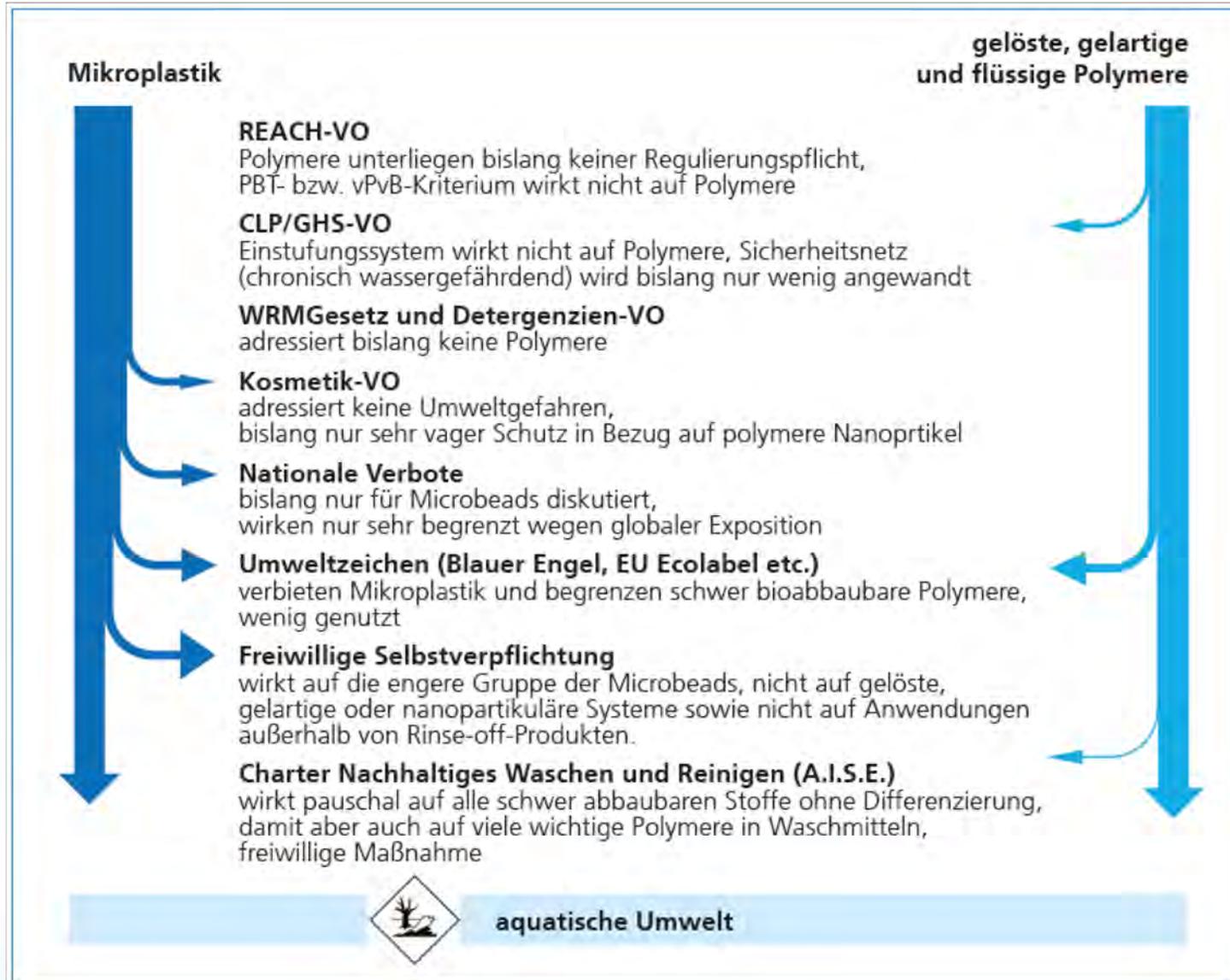
### Vermeidungsmaßnahmen

1. Filter in Straßenabläufen
2. Sensibilisierungskampagnen zum häuslichen Eintrag
3. Produktsubstitutionen

## Untersuchung Breitbarth M. & Urban A. (2018)

### Problematik

- ❖ meisten Polymere unter REACH nicht registrierungspflichtig
- ❖ im Waschmittelreinigungsgesetz & der Detergenzien- sowie Kosmetikverordnung werden die mit Polymeren verbundenen Umweltgefahren nicht aktiv adressiert
- ❖ Mikroplastik aus Umwelt kaum rückholbar & sehr langsamer Abbau
- ❖ Umweltkonzentration wird in kommenden Jahren unweigerlich ansteigen
  - Exposition für diverse Organismen erhöht
- ❖ aktuelle Testsysteme zur Feststellung der Toxizität sind für Mikroplastik nicht geeignet: Abbauezeiten können mit heutigen Tests nicht gemessen werden, da sie zu lang sind



Quelle: Bertling et al. 2018

## Umweltauswirkungen

- physikalische Gefahren (Verfangen, Verschlucken)
- Mikroplastik v.a. bei kritischem Verhältnis von Partikelgröße zu Verdauungstrakt des Organismus aufgenommen & im Organismus angereichert (Seevögeln, Filtrierern,...)
- Allgemeine EU-Chemikalien-Datenbank:
  - 9 aus 20 Polymeren in Kosmetik als umweltgefährdend eingestuft
  - 6 von 15 in Reinigungsmitteln

### Beurteilung Umweltgefährdung – 3 Kriterien

- ❖ persistent und sehr persistent
- ❖ bioakkumulierbar und sehr bioakkumulierbar
- ❖ ökotoxisch

→ viele Polymere persistent! ABER: auf Grund bestehender Grenzwerte als unbedenklich bewertet

## Erwartung/Aussicht

- Durch Verwitterung Kunststoffe langfristig Zunahme kleiner und kleinster Partikel, die auch kleinere Organismen und die ihnen nachgelagerten trophischen Ebenen schädigen können
- Bundesregierung: für viele Bereiche auf Grund mangelnder Daten noch keine abschließende Aussage → **es bedarf weiterer Forschung!**

## Quellen

- Bertling J., Hamann L., Hiebel M.(2018): Endbericht – Mikroplastik und synthetische Polymere in Kosmetikprodukten sowie Wasch-, Putz- und Reinigungsmittel, Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Auftraggeber: NABU e.V., Fraunhofer Verlag, Stuttgart
- Breitbarth M., Urban A.I. (2018): Kunststoffe in kommunalen Kläranlagen, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (2018), GFA, Hennef, 2018 (65), Nr.9, S.800-807
- KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (2018), GFA, Hennef, 2018 (65), Nr.7, S.587