

# Wasserkonzept der Stadt Frankfurt am Main

Juni 2021

STADT  FRANKFURT AM MAIN

# Wasserkonzept der Stadt Frankfurt am Main

## IMPRESSUM

Herausgeberin

Stadt Frankfurt am Main  
Der Magistrat  
Römerberg 23  
60311 Frankfurt

Redaktion



Umweltamt  
Galvanistraße 28  
60486 Frankfurt am Main



Mainova AG  
Solmsstraße 38  
60486 Frankfurt am Main



Hessenwasser GmbH & Co. KG  
Taunusstraße 100  
64521 Groß-Gerau

Stand

10. Juni 2021

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Anlagenverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>Begriffsbestimmung</b> .....	<b>9</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>14</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>16</b>
<b>1 Rechtliche Rahmenbedingungen</b> .....	<b>18</b>
1.1 Wasserversorgung als Aufgabe der Daseinsvorsorge .....	18
1.2 Gewährleistungsverantwortung der Kommunen .....	18
1.3 Wasserkonzept als Instrument zur Aufgabenwahrnehmung .....	19
1.4 Wasserrechtliches Benutzungsregime.....	19
1.5 Vorrang öffentlicher Wasserversorgung/Nutzungskonflikte.....	20
1.6 Ortsnahe Wasserversorgung.....	21
1.7 Anforderungen an das Grundwasser .....	21
1.8 Anforderungen an das Rohwasser .....	22
1.9 Anforderungen an das Trinkwasser .....	23
1.10 Wasserschutzgebiete .....	23
1.11 Ersatzwasserversorgung und Maßnahmepläne.....	24
1.12 Notversorgung im Krisenfall .....	25
1.13 Löschwasservorhaltung.....	25
1.14 Verträge der öffentlichen Wasserversorgung und Mitgliedschaften .....	26
<b>2 Stadtgebiet</b> .....	<b>28</b>
2.1 Allgemeine Beschreibung.....	28
2.1.1 Geologie.....	28
2.1.2 Hydrogeologischer Überblick.....	29
2.1.3 EU-Wasserrahmenrichtlinie.....	30
2.1.4 Klima/Witterung.....	32
2.1.5 Flächennutzung.....	36
2.1.6 Bevölkerung .....	37
2.2 Entwicklung bis 2030.....	39
2.2.1 Klima/Witterung.....	39

2.2.2	Flächennutzung.....	40
2.2.3	Bevölkerung .....	41
<b>3</b>	<b>Struktur der Trinkwasserversorgung.....</b>	<b>42</b>
3.1	Historische Entwicklung .....	42
3.2	Übersicht der öffentlichen Trinkwasserversorgung .....	45
3.2.1	Öffentliche Trinkwasserversorgung .....	45
3.2.2	Nichtöffentliche Trinkwasserversorgung .....	48
3.3	Wasserwerke der öffentlichen Trinkwasserversorgung.....	48
3.3.1	Tagesspitzenwasserbedarf.....	50
3.3.2	Infiltrationsgestützte Trinkwasserversorgung.....	51
3.4	Wassertransport.....	55
3.5	Wasserverteilung .....	58
3.5.1	Wasserverteilnetz.....	58
3.5.2	Auslegung Wasserverteilnetz .....	59
3.5.3	Technische Ausstattung .....	60
3.5.4	Wasserbehälter, Druckerhöhungs-/Druckminderungsanlagen .....	61
3.6	Roh- und Trinkwasserqualität.....	63
3.6.1	Überwachungskonzept für Roh- und Trinkwasser .....	65
3.6.2	Überwachungskonzept Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser .....	67
3.6.3	Beschaffenheit von Trinkwasser.....	69
3.6.4	Beschaffenheit Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser .....	69
3.7	Qualifikationsnachweis/Zertifizierung .....	71
3.8	Versorgungssicherheit.....	72
3.8.1	Ressourcenmengen und -schutz .....	73
3.8.2	Leitzentrale .....	77
3.8.3	Rufbereitschaft.....	77
3.8.4	Sicherstellung der leitungsgebundenen Versorgung im Normalbetrieb.....	77
3.8.5	Absicherung gegen Stromausfälle.....	77
3.8.6	Vorhalten ausreichender Behälterkapazitäten .....	78
3.8.7	Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser .....	78
3.8.8	Integrale Überwachung der Wasserqualität.....	78
<b>4</b>	<b>Wasserabgabe und Wasserbedarf .....</b>	<b>79</b>
4.1	Wasserabgabe .....	79
4.1.1	Öffentliche Trinkwasserversorgung .....	79
4.1.2	Nichtöffentliche Wasserversorgung .....	84

4.1.3	Sonstige Grundwasserentnahmen .....	84
4.1.4	Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main .....	85
4.2	Prognose Wasserbedarf 2030 .....	88
4.2.1	Prognose öffentliche Trinkwasserversorgung .....	89
4.2.2	Prognose nichtöffentliche Wasserversorgung .....	91
4.2.3	Prognose Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main .....	91
4.2.4	Prognose Trinkwassersubstitutionspotenzial .....	93
<b>5</b>	<b>Wasserbilanz .....</b>	<b>96</b>
5.1	Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen .....	96
5.2	Prognose Wasserdargebot 2030 .....	102
5.3	Prognose Wasserversorgungsbilanz 2030 .....	103
<b>6</b>	<b>Wirtschaftlicher Rahmen der öffentlichen Trinkwasserversorgung .....</b>	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>Gefährdungsanalyse .....</b>	<b>109</b>
7.1	Identifizierung möglicher Gefährdungen .....	109
7.1.1	Technische Risiken .....	109
7.1.2	Urbane Risiken .....	110
7.1.3	Natürliche Risiken .....	111
7.2	Bewertung der Versorgungssicherheit .....	112
<b>8</b>	<b>Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung .....</b>	<b>114</b>
8.1	Maßnahmen .....	114
8.1.1	Maßnahmen der Stadt Frankfurt am Main .....	114
8.1.2	Maßnahmen von Mainova und NRM .....	116
8.1.3	Maßnahmen von Hessenwasser .....	117
8.2	Maßnahmenpriorisierung bis 2030 .....	121
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>122</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Grundwasserergiebigkeit von Frankfurt am Main [35].....	30
Abb. 2:	Grundwasserkörper nach EU-WRRL in Frankfurt am Main [36].....	31
Abb. 3:	Abweichung des Jahresniederschlags an der Station Frankfurt/Main-Flughafen von der Referenzperiode 1981–2010 [39].....	33
Abb. 4:	Abweichung der monatlichen Niederschlagsmengen des Jahres 2018 an der Station Frankfurt/Main-Flughafen von der Referenzperiode 1981–2010 [39] ....	34
Abb. 5:	Abweichung der Jahresmitteltemperatur an der Station Frankfurt/Main-Flughafen von der Referenzperiode 1981–2010 [39].....	35
Abb. 6:	Anzahl der Sommer- und Hitzetage an der Station Frankfurt/Main-Flughafen und Mittelwerte in der Referenzperiode 1981–2010 [39].....	36
Abb. 7:	Flächennutzung im Stadtgebiet [29] .....	37
Abb. 8:	Bevölkerungsentwicklung bis 2019 [42] .....	38
Abb. 9:	Trinkwasserverbrauch 2018 in Frankfurt am Main unterteilt nach den Lieferungen aus den Beschaffungsbereichen und der Art des Grundwassers [60].....	47
Abb. 10:	Aufbereitungsschema Wasserwerk Goldstein mit Aktivkohle [60].....	49
Abb. 11:	Tageswerte des Wasserverbrauchs in Frankfurt am Main 2018 [61] .....	51
Abb. 12:	Mainwasserentnahme und -aufbereitungsanlage [60].....	52
Abb. 13:	Grundwasseranreicherung im Stadtwald [60] .....	53
Abb. 14:	Schema des Wassertransports von Hessenwasser im Großraum der Stadt Frankfurt am Main [61] .....	55
Abb. 15:	Wassertransportnetz in Frankfurt am Main [65] .....	57
Abb. 16:	Wasserhaupt- und -verteilnetz in Frankfurt am Main [65].....	59
Abb. 17:	Druckzonen im Wasserverteilnetz der Stadt Frankfurt am Main [65].....	60
Abb. 18:	Verantwortlichkeiten im Sinne der Trinkwasserverordnung [66].....	64
Abb. 19:	Netzentnahmestellen und Wasserversorgungsgebiete im Versorgungsbereich Frankfurt am Main [67] .....	66
Abb. 20:	Aktivitäten von Hessenwasser zum Schutz der Ressource und der Trinkwasserqualität [85].....	76
Abb. 21:	Trinkwasserabgabe in Frankfurt am Main, 1977–2018 [92] .....	80
Abb. 22:	Einwohnerzahl und Pro-Kopf-Verbrauch in Frankfurt am Main, 1977–2017 [55] .....	83
Abb. 23:	Betriebswasserentnahmestellen im Stadtgebiet von Frankfurt am Main [101] [102] .....	86
Abb. 24:	Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main [101] [102] .....	87
Abb. 25:	Nutzung von Betriebswasser zur Trinkwassersubstitution durch die Stadt Frankfurt am Main [101] .....	92
Abb. 26:	Nutzung von Trink- und Betriebswasser (in Anlehnung an [55]) .....	94

Abb. 27:	Grundwasserstandsniveau an der Grundwassermessstelle G04570 [106] .....	98
Abb. 28:	Grundwasserflurabstandsplan im Bereich der Stadtwaldwasserwerke im Oktober 2018 [106].....	99
Abb. 29:	Gesamtinfiltrationsmengen im Stadtwald 2014–2018 [106] .....	100
Abb. 30:	Gesamtentnahmemenge der Stadtwaldwasserwerke 2014–2018 [106] .....	101
Abb. 31:	Nettoentnahmemenge der Stadtwaldwasserwerke 2014–2018 [106] .....	102
Abb. 32:	Deckung des Trinkwasserbedarfs 2018 und in der Prognose für 2030 unterteilt nach Beschaffungsbereichen und Art des Grundwassers [60].....	104
Abb. 33:	Wasserpreisentwicklung 1991–2018 [113] .....	107
Abb. 34:	Preisindex 2000–2019 für ausgewählte Produkte [114].....	108
Abb. 35:	Maßnahme zur Simulation des Alterungsverhaltens von Trinkwasserleitungen [65].....	117

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Klimakennzahlen der Station Frankfurt/Main-Flughafen [38].....	32
Tab. 2:	Bevölkerungsvorausberechnung 2030 für Frankfurt am Main [50] [51] [52] .....	41
Tab. 3:	Technische Betriebsmittel im Infiltrationsnetz von Hessenwasser und des Wasserverbandes Hessisches Ried [60] [62] .....	54
Tab. 4:	Länge Zuleitung und Transportleitung von Hessenwasser [60].....	56
Tab. 5:	Technische Betriebsmittel im Wassertransportnetz von Hessenwasser [60].....	57
Tab. 6:	Technische Anlagen zur Speicherung von Trinkwasser in und außerhalb von Frankfurt am Main [60] .....	62
Tab. 7:	Technische Betriebsmittel im Wasserverteilnetz von Frankfurt am Main [65]....	63
Tab. 8:	Qualifikationsnachweise .....	72
Tab. 9:	Prognose des Trinkwasserverbrauchs 2030 in einem Normal- und einem Trockenjahr [105] .....	90
Tab. 10:	Auszug Maßnahmenpakete von Hessenwasser zum Erhalt und Ausbau der Versorgungsqualität in der Stadt Frankfurt am Main bis 2030 [60].....	120

## Anlagenverzeichnis

Wasserbeschaffenheit .....	129
----------------------------	-----

## Abkürzungsverzeichnis

Kurztext	Langtext
AVBWasserV	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser
BB	Beschaffungsbereich
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, Berlin
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bonn
DIN	Deutsches Institut für Normung, Berlin
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Bonn
DWD	Deutscher Wetterdienst
E	Einwohner*innen
GG	Grundgesetz
GruSchu	Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen
GruWaH	Grund- und Rohwasserdatenbank Hessen
GrwV	Grundwasserverordnung
GWM	Grundwassermessstelle
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden
HW	Hessenwasser GmbH & Co. KG, Groß-Gerau
HWG	Hessisches Wassergesetz
IWRM	Integriertes Wasser-Ressourcen-Management Rhein-Main
KRITIS	Kritische Infrastrukturen
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
MWA	Mainwasseraufbereitungsanlage der Hessenwasser GmbH & Co. KG
NRM	Netzdienste Rhein-Main GmbH, Frankfurt am Main
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
OVAG	Oberhessische Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft, Friedberg
PSM	Pflanzenschutzmittel
RGO	Wasserbeschaffungsverband Riedgruppe Ost, Einhausen
RUV	Rohwasseruntersuchungsverordnung Hessen
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TSM	Technisches Sicherheitsmanagement
UQN	Umweltqualitätsnormen
WasSiG	Wassersicherstellungsgesetz
WasSV	Wassersicherstellungsverordnung

<b>Kurztext</b>	<b>Langtext</b>
WaStrG	Bundeswasserstraßengesetz
WBV	Wasserbeschaffungsverband
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHR	Wasserverband Hessisches Ried, Groß-Gerau
WRM	Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main, Groß-Gerau
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union
WSG	Wasserschutzgebiet
WV	Wasserverband
WVK	Wasserverband Kinzig, Frankfurt am Main
WW	Wasserwerk zur Trinkwassergewinnung, Hessenwasser GmbH & Co. KG

### Begriffsbestimmung

AVBWasserV [1]	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser. Die Verordnung gilt nicht für den Anschluss und die Versorgung von Industrieunternehmen und Weiterverteilern sowie für die Löschwasservorhaltung.
Beregnungswasser	Wasser, das zur Deckung des Wasserbedarfes von Nutz- und Zierpflanzen in der Landwirtschaft und im Gartenbau eingesetzt wird.
Betriebswasser [2]	Gewerblichen, industriellen, haustechnischen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften. Im Wasserkonzept wird dieser Begriff in Ergänzung zur vorgenannten Definition auch für haustechnischen Zwecken dienendes Wasser, das nicht der Trinkwasserqualität entsprechen muss, herangezogen. Synonym wird auch der Begriff Brauchwasser verwendet.
Bevölkerungsentwicklung	Zurückliegende Entwicklung der Bevölkerungszahlen in einem definierten Zeitraum.
Bevölkerungsprognose	Eine über einen definierten Zeitraum erfolgte Abschätzung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung über verschiedene statistische Berechnungsansätze.
Bezug	Wasservolumen pro Zeiteinheit, die ein Wasserversorgungsunternehmen von anderen Unternehmen bezieht.
Druckerhöhungsanlage [3]	Anlage mit Pumpen zur Wasserversorgung von Gebieten oder Gebäuden, die mit dem vorhandenen Netzdruck nicht ausreichend oder nicht ständig ausreichend versorgt werden können.
Druckminderungsanlage [3]	Anlage zur Druckreduzierung im Rohrnetz, die unter einem bestimmten, nicht zu überschreitenden Druck zu betreiben ist.
Druckzonen [3]	Rohrnetzbereiche eines Wasserversorgungsgebiets mit gleichen Druckverhältnissen zum Ausgleich von Schwankungen in der Wasserabnahme und zur Gewährleistung einer an jedem Ort der Druckzone ausreichenden Wassermenge.
Eigenbedarf [3]	Betriebsinterner Wasserverbrauch innerhalb einer Wassergewinnungsanlage für Filterspülung, Behälterreinigung, Spülungen des Leitungsnetzes. Eigenbedarf ist die Differenz zwischen Förderung und Einspeisung.
Eigengewinnung	Wasservolumen pro Zeiteinheit, die ein Wasserversorgungsunternehmen aus den eigenen Anlagen gewinnt.

Grundwasser [4]	Unterirdisches Wasser, das Hohlräume im Untergrund zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird.
Grundwasseranreicherung [2][4]	Erhöhung einer Grundwasseroberfläche bzw. des Grundwasserdargebots infolge technischer Maßnahmen.
Grundwasserdargebot [4]	Die Summe aller positiven Bilanzglieder (Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Zusickerung aus oberirdischen Gewässern, Grundwasseranreicherung) einer Wasserbilanz für einen Grundwasserabschnitt.
Nutzbares Grundwasserdargebot [4]	Teil des förderbaren Grundwasserdargebots, der für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Rahmenbedingungen genutzt werden kann. Entspricht dem mittleren langfristig nutzbaren Dargebot einschließlich der Menge aus der Infiltration (künstliche Grundwasseranreicherung).
Grundwasserentnahme [4]	Entnahme von Grundwasser durch technische Maßnahmen.
Grundwasserneubildung [4]	Wasser, das durch Versickerung das Grundwasser erreicht.
Grundwasserqualität	Die Beschaffenheit des Grundwassers, das durch seine Verweilzeit im Untergrund, die durchflossenen Böden und geologischen Formationen oder durch in das Grundwasser eingebrachte Stoffe bestimmt wird.
Infiltration [4]	Oberflächiger Zugang von Wasser in den Grundwasserkörper durch natürliche Prozesse oder technische Maßnahmen (siehe Grundwasseranreicherung).
Konzession [5]	Langfristige Verträge über die Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie die Einräumung von Wegnutzungsrechten für Wasserver- und Abwasserentsorgungsnetze.
Leitungsverbund	Rohrnetze, die über Transportleitungen miteinander verbunden sind.
Löschwasser [6]	Wasser zu Löschzwecken, das überwiegend aus dem öffentlichen Trinkwassernetz zur Bekämpfung von Bränden entnommen wird.
Oberirdische Gewässer	Gewässer, die ständig oder zeitweilig in Betten fließen oder stehen oder aus Quellen wild abfließendes Wasser.
Ortsnahe Wasservorkommen/ ortsnahe Wasserversorgung [7]	Ortsnah im Sinne des Ortsnäheprinzips von § 50 Abs. 1 WHG sind die örtlichen und regionalen Wasservorkom-

	men zur Deckung des Wasserbedarfs der öffentlichen Wasserversorgung in einem regionalen Gewinnungs- und Versorgungsraum.
Pro-Kopf-Bedarf [2]	Planungswert für das in einer bestimmten Zeitspanne für eine Person voraussichtlich benötigte Wasservolumen.
Rohwasser [8]	Wasser, das mit einer Wassergewinnungsanlage der Ressource entnommen und unmittelbar zu Trinkwasser aufbereitet oder ohne Aufbereitung als Trinkwasser verteilt werden soll.
Relevante Spurenstoffe [9]	Relevante Spurenstoffe sind solche Stoffe, die in sehr niedrigen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf die aquatischen Ökosysteme haben können und/oder die Gewinnung von Trinkwasser aus dem Rohwasser negativ beeinflussen können.
Tagesspitzenbedarf [10]	Höchster Tagesbedarf in Versorgungsgebieten (0:00–24:00 Uhr) in einem Betrachtungszeitraum.
Trinkwasser [8]	Alles Wasser, das, im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken oder insbesondere zu anderen häuslichen Zwecken für den menschlichen Gebrauch geeignet ist.
Trinkwasserverordnung [8]	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (TrinkwV).
Trockenjahr	Ein Trockenjahr wird hydrometeorologisch meist so definiert, dass innerhalb eines Jahres weniger als 80 % des langjährigen Durchschnittsniederschlags fällt.
Verbundwasserversorgung bzw. Verbund [3]	Mehrere Wasserversorgungsgebiete, deren Rohrnetze über Verbundleitungen miteinander verbunden sind.
Wasseraufbereitung [3]	Verfahren zur Aufbereitung von Wasser zur Erreichung der benötigten Qualität.
Wasseraufkommen	Verfügbare Gesamtmenge eines Wasserversorgungsunternehmens oder einer Kommune aus Eigengewinnung und Bezug in einer definierten Zeitspanne.
Wasserbedarf [2]	Planwert für das in einer definierten Zeitspanne für die Wasserversorgung unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und möglicher Einflüsse voraussichtlich benötigte Wasservolumen (Trink-, Löschwasser etc.).
Wasserbehälter (Behälter) [2]	Künstlicher Speicherraum, dessen Wasserspiegel über dem des Wasserversorgungsgebiets liegt. Sein Wasserspiegel beeinflusst den Druck im zugehörigen Wasserversorgungsgebiet.

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

Wasserbilanz [4]	Volumenmäßige Erfassung des Wasserkreislaufes in einem Betrachtungsgebiet während einer Betrachtungszeitspanne.
Wasserdargebot [4]	Wassermenge, die in einem Gebiet in Form von Oberflächen- oder Grundwasser in einer definierten Zeitspanne zur Verfügung steht.
Wassergewinnungsanlagen [2][11]	Technische Anlagen, mit denen Wasser aus dem Untergrund, aus Quellen oder aus Oberflächengewässer entnommen werden kann.
Wasserkonzept	Konzept zur Sicherung der Wasserversorgung mit regelmäßiger Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen (Bevölkerung, Klimawandel etc.). Übersicht über den Stand der öffentlichen und nicht-öffentlichen Wasserversorgung zum Zeitpunkt der Erstellung und im Vorblick, inklusive der erforderlichen Maßnahmen und der Bewertung zur Beherrschung von Änderungen.
Wasserrecht	Gesamtheit der Rechtsnormen, die den Zustand der Gewässer (natürlicher Wasserkreislauf) und ihre Nutzung regeln.
Wasserressource	Das zur Verfügung stehende Wasser unabhängig von Art und Qualität.
Wasserschutzgebiet [3]	Gebiete, in denen zum Schutz der Gewässer Handlungen verboten oder zu dulden sind. Diese werden durch eine Rechtsverordnung von den zuständigen Behörden festgesetzt.
Wassertransportnetz [3]	Bei einem Transportnetz handelt es sich um Zubringerleitungen, die Wassergewinnungsanlagen, Aufbereitungsanlagen und Wasserbehälter mit einem Versorgungsgebiet verbinden. Vom Transportnetz bestehen in der Regel keine direkten Verbindungen zum Verbraucher.
Wasserverluste [2][3]	Teil der in das Rohrnetz eingespeisten Wassermenge, dessen Verbleib im Wasserversorgungsgebiet nicht erfasst werden kann oder verloren geht.
Wasserversorgung [2]	Bereitstellung des erforderlichen Wasserbedarfs in Abhängigkeit von der Wassernutzung (Trink- und Betriebswasser).
Wasserversorgungsanlagen [2][8]	Anlagen, die einzeln oder in ihrer Gesamtheit zu Gewinnung, Aufbereitung, Förderung, Speicherung, Transport und Verteilung von Wasser dienen.

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

---

Wasserversorgungsbilanz [2][11]	Bilanz, in der das für die Wasserversorgung langfristig verfügbare Wasserdargebot (inklusive Bezug) dem Wasserbedarf gegenübergestellt wird.
Wasserversorgungsgebiet (Trinkwasser) [8]	Ein geografisch definiertes Gebiet, in dem die abgegebene Trinkwasserqualität als nahezu einheitlich angesehen werden kann.
Wasserverteilungsnetz [3]	Wird auch als Rohrnetz bezeichnet und besteht aus Haupt- und Versorgungsleitungen in einem Versorgungsgebiet. Von den Versorgungsleitungen zweigen die Anschlussleitungen zu den Verbrauchern ab.
Wasserwerk [2]	Betriebseinheit, die aus Anlagen zur Gewinnung, Aufbereitung, Förderung und Speicherung bestehen kann.

### Vorwort

Seit Jahren wachsen Frankfurt am Main und die Metropolregion Frankfurt Rhein-Main schnell und kontinuierlich. Die Entwicklung von Stadt und Region setzt eine ausreichende zentrale technische Versorgungsinfrastruktur voraus, die ein integraler Bestandteil der urbanen Struktur ist. Der Infrastrukturausbau folgt dabei vorrangig den Flächennutzungsentscheidungen und den Entwicklungszielen. Dieser kapitalintensive, mit einer langen Lebensdauer der Anlagen verbundene Anpassungsprozess benötigt durch die systembedingte Komplexität lange Vorlauf- und Umsetzungszeiten. Dabei können technische oder wasserwirtschaftliche Begrenzungen bei der Infrastruktur der Wasserversorgung limitierende Faktoren für die Entwicklungsfähigkeit einer Stadt oder einer Region darstellen. Insbesondere die Trockenjahre 2018 und 2019 haben aufgezeigt, wie wichtig eine gesicherte Wasserversorgung ist und wo die Grenzen der Belastbarkeit der bestehenden Infrastruktur hier liegen. Zur nachhaltigen Gestaltung des nach aktuellen Prognosen fortschreitenden Wachstumstrends sind klare Zielvorstellungen über die zukünftige Nutzung von Trink- und Betriebswasser und darauf aufbauend die Umsetzung von konzeptionellen und baulichen Maßnahmen erforderlich.

Eine Schlüsselrolle für die zukünftige Entwicklung der Stadt Frankfurt am Main, insbesondere bezüglich ihres Bevölkerungswachstums, der damit verbundenen weiteren Urbanisierung und des Klimawandels, nimmt die Sicherstellung der Wasserversorgung und der Schutz der Wasserressourcen ein. Die Bedeutung der Stadt Frankfurt am Main als zentraler Wirtschaftsstandort in Hessen und Deutschland spiegelt sich auch im Wasserbedarf der Stadt wider. In Hessen hat die Stadt Frankfurt am Main als Kommune den höchsten Trinkwasserbedarf. Große Zuliefermengen werden von der Stadt Frankfurt am Main vorrangig aus dem Hessischen Ried und dem Vogelsberg bezogen.

Die Erstellung von „Kommunalen Wasserkonzepten“ ist Bestandteil des vom Hessischen Umweltministeriums initiierten Leitbildprozesses „Integriertes Wasser-Ressourcen-Management Rhein-Main (IWRM Rhein-Main)“.

Vor diesem Hintergrund hat sich die Stadt Frankfurt am Main entschlossen, ein Wasserkonzept zu erstellen. In diesem Wasserkonzept wird die rechtliche, organisatorische und technische Ausgangssituation der Wasserversorgung beschrieben. Zusätzlich erfolgt eine Darstellung von Wasserverbrauch und -dargebot sowie eine zugehörige Prognose für das Jahr 2030 für Trink- und Betriebswasser. Nach einer Gefährdungsanalyse werden darauf aufbauend Maßnahmen in den mit Trink- und Betriebswasser in Verbindung stehenden Handlungsfeldern abgeleitet. Mit den beschriebenen Maßnahmen ist vorgesehen, die künftige Wasserversorgung der Stadt Frankfurt am Main zukunftsfähig und nachhaltig unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, ökologischer und sozioökonomischer Faktoren zu gestalten. Im Rahmen der heute verfügbaren Kenntnisse weist das Wasserkonzept den Weg auf, wie die Stadt Frankfurt am Main das zu erwartende Wachstum der Bevölkerung und der Wirtschaft unter Berücksichtigung des Klimawandels mit einer resilienten Trink- und Betriebswasserversorgung bewältigen kann.

Das vorliegende Wasserkonzept beruht auf einem intensiven Austausch städtischer Stellen, Gesellschaften und Beteiligungen, die im Hinblick auf die Wasserversorgung mit unterschiedlichen Aufgaben befasst sind. Das Wasserkonzept ist in der Zukunft regelmäßig fortzuschreiben, um bestmöglich auf Veränderungen reagieren zu können. In der Fortschreibung sind die Inhalte und Maßnahmen zu aktualisieren bzw. weiter zu konkretisieren sowie getroffene Aussagen und Maßnahmen zu überprüfen und bei veränderten Rahmenbedingungen anzupassen.

### Zusammenfassung

Die Bevölkerung in Frankfurt am Main wächst seit Jahren stetig und damit auch der Bedarf an Trink- und Betriebswasser. Maßgeblich wird die Trinkwasserabgabe in der Zukunft durch das prognostizierte Bevölkerungswachstum beeinflusst. Das Witterungsgeschehen und der Klimawandel sowie das damit in direktem Zusammenhang stehende Abnahmeverhalten wirken sich zusätzlich auf die erforderliche Trinkwassermenge und hier insbesondere auf den Spitzenbedarf im Sommer aus.

Zur Trinkwasserversorgung nutzt Frankfurt am Main lokale und regionale Wasserressourcen. Mit Umsetzung der vom Land Hessen entwickelten Konzepte zur umweltschonenden Wassergewinnung im Vogelsberg sowie der aktiven Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried und im Frankfurter Stadtwald gelingt es, die Trinkwasserversorgung von Frankfurt am Main und der Metropolregion Rhein-Main nachhaltig und zuverlässig zu betreiben. Dies erfordert eine fein abgestimmte, flexible und bedarfsgerechte Nutzung der Dargebote über den regionalen Trinkwasserleitungsverbund zusätzlich zu den ortsnahe Gewinnungsanlagen.

Für die öffentliche Trinkwasserversorgung der Stadt Frankfurt am Main wurde im Jahr 2018 Trinkwasser in einer Menge von 54,3 Mio. m<sup>3</sup> bereitgestellt. Einen Anteil von ca. 25 % steuerten davon die Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald und in Praunheim bei. Im Nahbereich der Gewinnungsanlagen im Frankfurter Stadtwald und im Hessischen Ried wurden zur Stabilisierung des Grundwasserstandes dafür 8,1 Mio. m<sup>3</sup> aufbereitetes Oberflächenwasser aus dem Main bzw. aus dem Rhein als Betriebswasser infiltriert. Davon entfallen 2,3 Mio. m<sup>3</sup> auf das Vorfeld der Gewinnungsanlagen im Frankfurter Stadtwald.

Auf der Grundlage der erstellten Wasserbedarfsprognosen ergibt sich, dass der Wasserbedarf in Frankfurt am Main bis zum Jahr 2030 weiter ansteigen wird. In der Prognose für 2030 wird für ein Trockenjahr ein Trinkwasserbedarf von 62,4 Mio. m<sup>3</sup> veranschlagt. Um der gesetzlichen Verantwortung der Stadt zur Sicherstellung einer ausreichenden Wasserversorgung als Aufgabe der Daseinsvorsorge Rechnung zu tragen, sind die erforderlichen Beschaffungskapazitäten darauf auszurichten. Der 2030 zu erwartende Trinkwassermehrbedarf von 8,1 Mio. m<sup>3</sup> in einem Trockenjahr soll gegenüber 2018 insbesondere durch eine Steigerung der Betriebswassermengen zur Grundwasseranreicherung im Hessischen Ried und im Frankfurter Stadtwald ausgeglichen werden. In der Prognose für das Jahr 2030 wird veranschlagt, dass der Trinkwasserbedarf von Frankfurt am Main zu 30 % aus angereichertem Grundwasser abgedeckt wird. Dies entspricht einer Verdoppelung der Betriebswassermengen zur Grundwasseranreicherung gegenüber dem Jahr 2018.

Der weitere Ausbau der Nutzung von aufbereitetem Oberflächenwasser aus dem Main und dem Rhein zur Grundwasseranreicherung als Basis für eine umwelt-/klimagerechte und flexible Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen führt zu einer Stärkung der Versorgungsqualität in Frankfurt am Main. Es ist davon auszugehen, dass dadurch negative ökologische Auswirkungen weitgehend verhindert werden können. Eine Erhöhung der

Liefermengen aus anderen Regionen, wie dem Vogelsberg, über die seit Jahren bestehenden Regelungen hinaus wird damit nicht notwendig.

Unter Berücksichtigung aller bestehenden und zukünftigen Risiken sowie der zu deren Beherrschung gegenüberstehenden Maßnahmenpakete und Handlungsoptionen kann festgestellt werden, dass die Wasserversorgung auch unter sich ändernden Rahmenbedingungen bis Ende des Prognosehorizonts im Jahr 2030 als gesichert anzusehen ist. Voraussetzung hierfür ist, dass die erforderlichen Maßnahmen bedarfsangepasst umgesetzt werden.

Die Ämter, Eigenbetriebe und städtischen Gesellschaften der Stadt Frankfurt am Main sollen in Zukunft die Nutzung von Betriebswasser für technische Prozesse wie insbesondere Bewässerung und für sanitäre Einrichtungen forcieren. Betriebswasser kann dabei aus Regen-, Grund- und Grauwasser sowie aus Oberflächengewässern gewonnen werden. Die von der Stadt und den städtischen Unternehmen genutzten Betriebswassermengen sollen ausgehend von rund 3,9 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2018 in der Prognose 2030 auf rund 10,4 Mio. m<sup>3</sup>/a inklusive des Infiltrationsanteils zur Grundwasseranreicherung im Frankfurter Stadtwald ansteigen.

Zur besseren Kommunikation und Vernetzung sowie zur Entwicklung und Begleitung von Konzepten einer zukunftssicheren und nachhaltigen Wasserversorgung richtet die Stadt eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Nachhaltige Wasserversorgung“ ein. Hierdurch soll der Aufbau eines auf die Zukunft ausgerichteten resilienten und effizienten Wassermanagements unterstützt werden.

Mit Vorlage des Wasserkonzeptes unterstreicht die Stadt Frankfurt am Main ihren Willen, die gesetzlich zugewiesene Aufgabe der Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung über das gesetzliche Maß hinaus zu erfüllen. Die Stadt Frankfurt am Main stellt sich ihrer Verantwortung und liefert durch das im Rahmen einer akteursübergreifenden Zusammenarbeit erstellte Wasserkonzept einen Beitrag zu einem nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser. Eine Fortschreibung des Wasserkonzeptes wird unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklungen in 5 Jahren angestrebt.

## 1 Rechtliche Rahmenbedingungen

### 1.1 Wasserversorgung als Aufgabe der Daseinsvorsorge

Die öffentliche Wasserversorgung als Angelegenheit der örtlichen Gemeinschaft ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge (Art. 28 Grundgesetz (GG) [12], § 50 Abs. 1 WHG [7]). Zu den im Rahmen der Daseinsvorsorge wahrzunehmenden öffentlichen Aufgaben gehören diejenigen Maßnahmen bzw. Leistungen, die für das Leben und Zusammenleben der Bürger\*innen in einer kommunalen Gemeinschaft existenziell notwendig sind. Dazu zählt auch die Wasserversorgung mit ihren Teilbereichen der Gewinnung, der Aufbereitung, des Transports und der Verteilung. Die den Gemeinden obliegende Wasserversorgung zählt nach dem Grundgesetz zum verfassungsrechtlich geschützten Kernbereich der kommunalen Selbstverwaltung.

Die Daseinsvorsorge erfasst die Wasserversorgung als Gesamtprozess einschließlich der gemeindlichen Ausgestaltungsfreiheiten. Die Qualifizierung als Angelegenheit der örtlichen Gemeinschaft erfolgt daher unabhängig davon, ob die Wasserversorgung durch die Kommune selbst erfolgt oder ein Wasserversorgungsunternehmen diese durchführt, und auch unabhängig davon, ob die Wasserversorgung im Gemeindegebiet oder auch z. B. die Wassergewinnung auf Gemarkungen anderer Gemeinden stattfindet. Auch in letzterem Fall ist dies eine Angelegenheit der örtlichen Gemeinschaft derjenigen Kommune, die damit ihre Wasserversorgung sicherstellt, sodass dies insgesamt unter die in Art. 28 Abs. 2 GG [12] garantierte Selbstverwaltungsgarantie fällt.

### 1.2 Gewährleistungsverantwortung der Kommunen

In Ausübung der kommunalen Selbstverwaltung stehen sämtliche Entscheidungen die Aufgabenwahrnehmung betreffend allein der Gemeinde zu. Sie kann demnach im Rahmen der Gesetze nach eigenen Vorstellungen selbstständig und unabhängig hierüber entscheiden, ihr obliegt jegliche kommunale Gestaltungskompetenz.

Im hessischen Wassergesetz ist die Wasserversorgung den Gemeinden als Pflichtaufgabe der Selbstverwaltung zugewiesen. § 30 Abs. 1 S. 1 HWG führt aus: „Die Gemeinden haben in ihrem Gebiet die Bevölkerung und die gewerblichen und sonstigen Einrichtungen ausreichend mit Trink- und Betriebswasser zu versorgen. Ausgenommen von der Versorgungspflicht sind Grundstücke im Außenbereich, gewerbliche oder andere Verbraucher mit hohem oder stark schwankendem Wasserbedarf, die Versorgung mit Betriebswasser, wenn und soweit es Verbrauchern zumutbar ist, diesen Bedarf einzuschränken oder anderweitig zu decken.“ Die Gemeinden sind zur Aufgabenwahrnehmung der Wasserversorgung gesetzlich verpflichtet. Ihre verfassungsrechtliche Freiheit beschränkt sich auf die Frage, wie sie diese ihnen obliegende Aufgabe erfüllen. Insofern steht es ihnen frei, die Verpflichtung zur Wasserversorgung auf andere Körperschaften des öffentlichen Rechts oder auf private Dritte zu übertragen oder sich dieser bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu bedienen. Sie können dabei auch Wasser- und Bodenverbände oder Zweckverbände bilden und öffentlich-rechtliche Vereinbarungen abschließen (vgl. § 30 Abs. 2 HWG) [13]. Selbst bei Übertragung der Aufgabenwahrnehmung

auf öffentlich-rechtliche oder private Dritte bzw. bei Einbeziehung dieser in die Aufgabenerfüllung bleibt die Gemeinde weiterhin Trägerin der sie allein treffenden Gewährleistungsverantwortung.

Mit Blick auf die zentrale Bedeutung des Trinkwassers in ausreichender Qualität und Quantität ist die Gemeinde verpflichtet, die Befriedigung grundsätzlicher Bedürfnisse und die dem jeweiligen Zivilisationsstand entsprechende Versorgung im erforderlichen Umfang dauerhaft und auch in Notsituationen hinreichend sicherzustellen. In erster Linie geht es also um Infrastrukturvorsorge sowie Versorgungssicherheit insgesamt. Insofern sind in zunehmendem Maße auch Erschwernisse in die gemeindliche Planung einzubeziehen, wie etwa demografische oder klimatische Veränderungen, die sich im Fall von Nutzungskonflikten und -konkurrenzen um ein Vielfaches potenzieren können. Auf Grundlage von Prognosen ist daher eine perspektivische Planung erforderlich, um Versorgungsausfälle zu vermeiden. Entsprechend erstreckt sich die Verantwortung der Gemeinde auch auf die Ausrichtung bzw. Anpassung der Bedarfsplanung.

### 1.3 Wasserkonzept als Instrument zur Aufgabenwahrnehmung

Das Hessische Wasserrecht kennt bislang keine gesetzliche Verpflichtung zur konzeptionellen Strukturierung der kommunalen Aufgabenwahrnehmung im Bereich der öffentlichen Wasserversorgung.

Die Stadt Frankfurt am Main kommt mit dem kommunalen Wasserkonzept ihrer Gewährleistungsverantwortung zur Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung im Rahmen der kommunalen Selbstverwaltung nach. Mit dem Wasserkonzept leistet die Stadt einen Beitrag zur langfristigen und umweltschonenden Sicherstellung der Wasserversorgung. Zudem wird eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressource weiter forciert, damit auch zukünftigen Generationen Trinkwasser in guter Qualität und ausreichender Menge ohne Einschränkungen zur Verfügung steht.

Für diese (Bedarfs-)Planung, mit der die Stadt ihre aus Art. 28 Abs. 2 GG [12] resultierende Gewährleistungsverantwortung für die Sicherstellung einer dauerhaften Versorgung in ausreichender Quantität und Qualität wahrnimmt, kann dem Instrument des Wasserkonzeptes in Zukunft besondere Bedeutung zukommen.

### 1.4 Wasserrechtliches Benutzungsregime

Rechtliche Grundlage der Wasserversorgung von Frankfurt am Main sind die Wasserrechte zur Entnahme von Wasser, um dieses dann zu Trinkwasser aufzubereiten und über Transport- sowie Verteilleitungen den Einwohner\*innen leitungsgebunden zur Verfügung zu stellen. Die Wassergewinnung für Frankfurt am Main erfolgt durch die Hessenwasser GmbH & Co. KG. Diese ist damit Inhaberin der entsprechenden Anlagen und Wasserrechte.

Grundsätzlich bedarf jede Benutzung eines Gewässers i. S. d. § 9 WHG einer Gestattung nach dem WHG. Im Zusammenhang mit der hier relevanten Wassergewinnung, insbesondere beim Fördern von Grundwasser sowie im Zusammenhang mit der Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser, sind die Entnahme und das anschließende Einbringen in das Grundwasser relevant [7]. Ausnahmen bestehen gemäß § 46 WHG und

§ 29 HWG für die Entnahme von Grundwasser in einer Menge von bis zu 3.600 m<sup>3</sup>/a für gewerbliche Betriebe, für die Landwirtschaft, die Forstwirtschaft oder den Gartenbau [7] [13]. Mit diesem Regelungskonzept unterliegen Gewässerbenutzungen einer umfassenden präventiven Kontrolle ihrer möglichen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, insbesondere auf die öffentliche Wasserversorgung.

Das wasserrechtliche Zulassungsregime unterscheidet zwischen drei Gestaltungsformen, die sich wesentlich in der Rechtsstellung des Gewässerbenutzers und im Verfahren unterscheiden. Für Zwecke der öffentlichen Wasserversorgung sieht das WHG insbesondere die Rechtsform der Bewilligung vor. Anders lässt sich keine ausreichende Sicherheit für die besonders bedeutsame öffentliche Wasserversorgung erreichen. Sowohl der Investitionsschutz ist hier relevant wie auch eine Versorgungssicherheit durch den bewilligten Zugriff auf die Ressource Wasser für den Zweck der öffentlichen Wasserversorgung. Die Bewilligung gewährt das befristete Recht, ein Gewässer zu einem bestimmten Zweck in einer nach Art und Maß bestimmten Weise zu benutzen. Voraussetzung für die Erteilung einer Bewilligung ist, dass neben den allgemeinen Vorgaben von § 12 Abs. 1 WHG, wonach mit der Benutzung keine schädlichen Gewässeränderungen einhergehen dürfen und die Benutzung mit sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, insbesondere dem Naturschutzrecht, vereinbar sein muss. Im WHG wird in § 14 Abs. 1 ausgeführt, dass dem Unternehmer die Durchführung seines Vorhabens ohne eine gesicherte Rechtsstellung (Bewilligung) nicht zugemutet werden kann [7]. Mit der gesicherten Rechtsstellung wird insbesondere der Gedanke des Bestands- und Investitionsschutzes zum Ausdruck gebracht.

Alle Aktivitäten und Baumaßnahmen an Bundeswasserstraßen – hierunter fallen z. B. Bauwerke am Main für die Entnahme von Oberflächenwasser zur Betriebswassererzeugung für die Grundwasseranreicherung, die Bewässerung und technische Prozesse – benötigen in der Regel eine strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung nach § 31 des Bundeswasserstraßengesetzes (WaStrG) [14].

Für die Sicherstellung der Wasserversorgung ist die Erteilung ausreichender Wasserrechte, die sich am maximalen Bedarf in Trockenjahren und der Bevölkerungsentwicklung sowie einem Sicherheitszuschlag für technische Ausfälle orientieren, unabdingbar. Die erteilten Wasserrechte haben verschiedene Rechtscharaktere, die sich in ihrem Status der Nebenbestimmungen und der Befristung ausdrücken.

### **1.5 Vorrang öffentlicher Wasserversorgung/Nutzungskonflikte**

Das geltende Wasserrecht ist insgesamt vom Prinzip des gesetzlichen Vorrangs der öffentlichen Wasserversorgung geprägt. Neben spezifischen Bestimmungen, wie etwa zur Einordnung als Aufgabe der Daseinsvorsorge und zur Festsetzung von Trinkwasserschutzgebieten, kommt dies vor allem durch die Ausgestaltung der öffentlich-rechtlichen Benutzungsordnung zum Ausdruck. Auf landesrechtlicher Ebene regelt § 28 Abs. 3 S. 1 HWG den Vorrang für die Benutzung des Grundwassers [13].

Im Rahmen der Bewirtschaftung der Gewässer sind daher die Voraussetzungen für eine sichere Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser in ausreichender Quantität und Qualität

zu schaffen. Nur so ist den für die öffentliche Wasserversorgung verantwortlichen Kommunen die Erfüllung ihrer Aufgabe im Rahmen der Daseinsvorsorge überhaupt möglich. Schon bei der Erteilung wasserrechtlicher Benutzungszulassungen sind daher zur Sicherstellung der Gewährleistung der öffentlichen Wasserversorgung mögliche Interessenkollisionen durch entsprechende Gewährung von Entnahmemengen für Versorgungszwecke und geeignete Einschränkungen für kollidierende Nutzungen angemessen zu moderieren.

### 1.6 Ortsnahe Wasserversorgung

Mit dem Grundsatz der ortsnahe Wasserversorgung, wonach gemäß § 50 Abs. 2 WHG der Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung vorrangig aus ortsnahe Wasservorkommen zu decken ist, soweit überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit nicht entgegenstehen, ist der verantwortungsvolle Umgang mit regional zur Verfügung stehenden Ressourcen und damit zugleich deren Schutz bezweckt [7]. Die Konkretisierung der Ortsnähe ist nicht an politische Gemeindegrenzen gebunden, sondern als allgemeiner räumlicher Zusammenhang zu verstehen. Das Ortsnäheprinzip umfasst nicht nur die administrativen örtlichen Grenzen einer Gemeinde, sondern reicht darüber hinaus. Vielmehr geht es um den allgemeinen räumlichen Zusammenhang zwischen Gewinnungs- und Versorgungsgebiet. Das Ortsnäheprinzip bezweckt einen Grundwasserschutz, der dadurch erreicht werden sollte, dass die ortsnahe (nicht nur örtlichen) Wasserressourcen vorrangig für die öffentliche Wasserversorgung genutzt werden sollen, um einen faktischen Ressourcenschutz z. B. im Vergleich zur Nutzung des entsprechenden Gebiets als Industriegebiet zu erreichen. Dieser vor der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (EU-WRRL) nicht vorhandene flächendeckende Ansatz eines Grundwasserschutzes hat sich seit Einführung des flächendeckenden Grundwasserschutzes durch die Umsetzung der EU-WRRL überholt und besitzt keinen eigenständigen Anwendungsbereich mehr [15].

Die Regelungen der EU-WRRL gewährleisten, dass auch bei Inanspruchnahme von Fernwasser eine ortsnahe nicht genutzte Ressource über die Regelungen des flächendeckenden Grundwasserschutzes geschützt ist. Von besonderer Bedeutung ist insoweit die allgemeine Geltung der durch die Umsetzung des Bewirtschaftungssystems der Wasserrahmenrichtlinie in das WHG eingeführten Bewirtschaftungsziele. Nach § 47 Abs. 1 WHG ist Grundwasser stets, d. h. völlig unabhängig von einer tatsächlichen oder beabsichtigten Nutzung als Trinkwasserreservoir, so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und chemischen Zustands vermieden wird, alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen aufgrund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden und ein guter mengenmäßiger und chemischer Zustand erhalten oder erreicht wird [7].

### 1.7 Anforderungen an das Grundwasser

Die Grundwasserverordnung (GrwV) [71] dient neben der Umsetzung der EU-WRRL insbesondere der Transformation der europäischen Standards u. a. Kriterien für die Beurteilung, Ermittlung, Einstufung und Überwachung des chemischen und mengenmäßigen Zustands. Das übergeordnete Ziel der Grundwasserbewirtschaftung ist die Erreichung eines guten

mengenmäßigen und chemischen Zustands der Grundwasserkörper. Insofern werden das Verschlechterungsverbot und das Erhaltungs- bzw. Verbesserungsgebot durch spezifische Anforderungen an die Bekämpfung anthropogener Belastungen und einen konkretisierenden Anspruch an das quantitative Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung gemäß § 47 WHG ergänzt [7].

Soweit es bei der Infiltration zur Grundwasseranreicherung in einem ersten Schritt um die Entnahme von Oberflächenwasser aus dem Main geht, ist die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) relevant [70]. Diese enthält allgemeine Regelungen zur Bestandsaufnahme, Zustands- und Potenzialeinstufung in ökologischer und chemischer Hinsicht sowie zur Überwachung und Darstellung der Befunde. In einem umfangreichen Anlagenwerk wurden die spezifischen Vorgaben der WRRL und weiterer Richtlinien des europäischen Gewässerschutzrechts in deutsches, unmittelbar geltendes Recht umgesetzt. Besondere Bedeutung hat hier die Konkretisierung der Grundregel für die Bewirtschaftung oberirdischer Gewässer in § 27 WHG [7]. Danach gilt aus ökologischer und chemischer Perspektive ein Verschlechterungsverbot und das Gebot der Erhaltung oder Erreichung des guten Zustands bzw. Potenzials.

Die Vorgaben der Regelwerke sind bei jeder wasserrechtlichen Vorhabenzulassung im Einzelfall strikt zu beachten. Die auf Grundlage der GrwV und der OGewV erhobenen Messwerte sind Grundlage für die Bewertung des natürlichen Wasserhaushalts sowie anthropogener und klimatisch bedingter Veränderungen und spielen somit für die Sicherstellung der Wasserversorgung eine entscheidende Rolle.

Für den wasserrechtlichen Schutz des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer sowie deren Bewirtschaftung sind arbeitsteilig die Untere Wasserbehörde und Obere Wasserbehörde zuständig. Zur fachlichen und wissenschaftlichen Beratung steht das Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie zur Verfügung.

### **1.8 Anforderungen an das Rohwasser**

Rohwasser ist Wasser, das mit einer Wassergewinnungsanlage der Ressource entnommen und unmittelbar zu Trinkwasser aufbereitet oder ohne Aufbereitung als Trinkwasser verteilt werden soll. Mit dem Ziel, die Überwachung des Grundwassers durch eine Verdichtung des Messstellennetzes zu intensivieren, verpflichtet die Rohwasseruntersuchungsverordnung (RUV) Betreiber von Wassergewinnungsanlagen zur Untersuchung der Beschaffenheit des Rohwassers [16]. Die Probenahme hat am Ort der Zutageförderung des Grundwassers zu erfolgen. Bei jeder genutzten Einzelgewinnungsanlage muss demnach in vorgegebenen zeitlichen Abständen eine Untersuchung des Rohwassers auf die Konzentration verschiedener Parameter, zumeist chemischer Natur, aber u. a. auch Indikatorparameter, Keime und Schwermetalle, erfolgen. Durch die Überwachung des Rohwassers und Verpflichtung zur Meldung der Daten steht neben dem landeseigenen Netz der Grundwassermessstellen inzwischen eine Vielzahl an weiteren Untersuchungsdaten zur Verfügung, die allesamt in der beim HLNUG geführten Grund- und Rohwasserdatenbank Hessen (GruWaH) hinterlegt sind.

### 1.9 Anforderungen an das Trinkwasser

Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ist die Grundlage für die hohe Qualität des Trinkwassers, d. h. von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Das Regelwerk bezweckt neben dem Schutz der menschlichen Gesundheit vor nachteiligen Einflüssen, wie etwa der Verunreinigung durch Krankheitserreger oder Stoffe in gesundheitsgefährdender Konzentration, auch die Genusstauglichkeit und Reinheit von Trinkwasser. Hiervon ist gemäß § 4 Abs. 1 S. 3 TrinkwV auszugehen, wenn bei der Wassergewinnung, der Wasseraufbereitung und der Wasserverteilung mindestens die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Trinkwasser den mikrobiologischen, chemischen und radiologischen Anforderungen entspricht sowie die Indikatorparameter einhält [8].

Im Übrigen enthält die Trinkwasserverordnung, die wissenschaftliche Erkenntnisse in Bezug auf stetig steigende Qualitätsanforderungen dynamisch berücksichtigt, detaillierte Vorgaben zur Trinkwasseraufbereitung und zum Desinfektionsverfahren. Zudem legt sie den Unternehmen und sonstigen Inhabern einer Wasserversorgungsanlage zum Zweck der Kontrolle der Einhaltung der Anforderungen durch das zuständige Gesundheitsamt, umfangreiche Anzeige-, Untersuchungs-, Dokumentations- und Informationspflichten auf.

### 1.10 Wasserschutzgebiete

Die Vorschrift von § 51 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 WHG eröffnet die Möglichkeit der Festsetzung eines Wasserschutzgebietes zum Schutz der bestehenden und künftigen öffentlichen Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen [7]. Ziel der Regelung ist es, die knappe und ohnehin gefährdete Ressource Wasser, speziell in der für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung besonders schutzwürdigen und schutzbedürftigen Gestalt des Grundwassers, schon im Vorfeld konkreter Gefährdungen vor Beeinträchtigungen in ihrem Bestand (Qualität und Quantität) zu bewahren und nicht erst durch künstliche Aufbereitungsmaßnahmen trinkbar zu machen. Der Erhalt einer guten Grundwasserbeschaffenheit ist die entscheidende Grundlage für eine dauerhafte Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes beinhaltet neben der räumlichen Abgrenzung der in den Schutz einbezogenen Fläche auch die Festlegung der im Schutzgebiet geltenden Verbote und (sonstigen Nutzungs-)Beschränkungen. Welche Schutzanordnungen konkret getroffen werden, sei es für die Land- und Forstwirtschaft in Gestalt der Reglementierung des Einsatzes von Produktionsmitteln, durch Vorschriften zur Flächennutzung oder zum Einsatz bestimmter Maschinen, wird unter Berücksichtigung der jedem Wasserschutzgebiet eigenen geologischen, hydrologischen und nutzungsbedingten Gegebenheiten, Vorbelastungen, Belastungstrends und Sanierungsprioritäten sowie unter Wahrung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes im Einzelfall festgelegt.

Wasserschutzgebiete werden entsprechend der unterschiedlichen Schutzbedürftigkeit in drei Zonen gebietsspezifisch gegliedert, die nach dem Fließzeitenkriterium voneinander abgegrenzt werden. Der Fassungsbereich (Zone I) dient dem Schutz der unmittelbaren Fassungs-

anlagen vor jedweder Beeinträchtigung. Die engere Schutzzone (Zone II) dient dem Schutz des dahinterliegenden Einzugsbereichs vor Verunreinigungen, die von verschiedenen Tätigkeiten und Einrichtungen ausgehen und wegen ihrer Nähe zur Fassungsanlage besonders gefährlich sind. Die weitere Schutzzone (Zone III, die mitunter zusätzlich in Zone III A und Zone III B unterteilt ist) bezweckt den Schutz vor mittel- oder langfristig wirkenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder nur schwer abbaubaren chemischen und radioaktiven Verunreinigungen. Zusätzlich zu den rechtlichen Anforderungen im Rahmen des Gewässerschutzes können Nutzungsbeschränkungen und Verbote (z. B. intensive Landwirtschaft, Industriegebiete, Verkehrswege) festgelegt werden, um die Beschaffenheit des Grundwassers zu erhalten bzw. zu verbessern. Wasserschutzgebiete werden unter hygienischen, technischen und naturwissenschaftlichen Aspekten festgelegt.

Zuständig für die Festsetzung von Wasserschutzgebieten im Stadtgebiet von Frankfurt am Main ist die Obere Wasserbehörde im Regierungspräsidium Darmstadt. Die von der Schutzgebietsfestsetzung Begünstigten, d. h. die Unternehmen der Wasserversorgung, können die Festsetzung eines Schutzgebiets bei der Oberen Wasserbehörde anregen; ein Anspruch hierauf besteht nicht. In der Wasserschutzgebietsverordnung sind die Begünstigten sodann ausdrücklich zu benennen. Die Ausweisung von Wasserschutzgebieten wird im Staatsanzeiger des Landes Hessen veröffentlicht. Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie stellt Kartenmaterialien hierfür in analoger und digitaler Form zur Verfügung.

### 1.11 Ersatzwasserversorgung und Maßnahmepläne

Die TrinkwV [8] und die AVBWasserV [1] sind die gesetzlichen Grundlagen für die Trinkwasserversorgung in Deutschland. Inhaber von Wasserversorgungsanlagen sind nach § 16 Abs. 5 der TrinkwV [8] verpflichtet, einen Maßnahmeplan aufzustellen, der die örtlichen Gegebenheiten der Wasserversorgung berücksichtigt, wie in Fällen von Versorgungsunterbrechung die sofortige Umstellung auf eine andere Wasserversorgung zu erfolgen hat (Nachweis der Ersatzversorgung). Für auffällige Befunde und sonstige Störfälle ohne Versorgungsunterbrechung ist ebenfalls vorzusorgen. § 9 Abs. 3 S. 2 der TrinkwV [8] regelt, wann die Wasserversorgung unverzüglich zu unterbrechen ist und wann eine Umstellung auf eine alternative Wasserversorgung zu erfolgen hat, welche Stellen im Fall einer Abweichung zu informieren sind und wer zur Übermittlung dieser Information verpflichtet ist. Zum Vollzug der §§ 9 und 10 TrinkwV [8] wird empfohlen, dass Wasserversorger und Gesundheitsamt Inhalt und Form der Maßnahmepläne festlegen. Der Maßnahmeplan ist bei wesentlichen Änderungen zu aktualisieren und bedarf einer Zustimmung des zuständigen Gesundheitsamtes.

Kann eine leitungsgebundene Wasserversorgung nicht mehr gewährleistet werden, ist eine Notversorgung der Bevölkerung aufzubauen. Dies kann z. B. unter Verwendung der auf Basis des Wassersicherstellungsgesetzes errichteten Brunnen (siehe Kap. 1.12 Notversorgung im Krisenfall) erfolgen. Die Stadtverordnetenversammlung hatte am 15.12.1983 eine Polizeiverordnung über die Einschränkungen des Verbrauches von Trink- und Brauchwasser bei Notständen in der Wasserversorgung erlassen, mit der Verbote,

sonstige Verpflichtungen, Sperrzeiten, Befreiungen und Ordnungswidrigkeiten geregelt waren [17]. Die Gültigkeit der Verordnung ist aufgrund von § 79 des Hessischen Gesetzes über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (HSOG) nach einer Gültigkeit von 30 Jahren im Jahr 2014 jedoch außer Kraft getreten [18].

### 1.12 Notversorgung im Krisenfall

Maßnahmepläne für eine mögliche Unterbrechung der leitungsgebundenen Versorgung reichen im Krisenfall (Verteidigungsfall und Trinkwassernotstand) nicht aus. Kann der Wasserversorger die leitungsgebundene öffentliche Trinkwasserversorgung (Quantität und Qualität des Trinkwassers) in einem Krisenfall nicht aufrechterhalten, obliegt diese Aufgabe mangels Regelungen betreffend die Zuständigkeit für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung im Krisenfall im Hessischen Wassergesetz sowie im Hessischen Brand- und Katastrophenschutzgesetz der Stadt in ihrer Verantwortung als originäre Aufgabenträgerin sowie ggf. auch als örtliche Katastrophenschutzbehörde nach dem Wassersicherstellungsgesetz (WasSiG) [19]. Im Krisenfall ist gemäß § 26 WasSiG in Verbindung mit § 1 Abs. 4 der Wasserzuständigkeitsverordnung die Obere Wasserbehörde zuständig für Planung und Bau der im Krisenfall auch zur Ersatzwasserversorgung heranzuziehenden Anlagen [20]. Das Gesundheitsamt ordnet, zur Sicherstellung der Wasserversorgung der Zivilbevölkerung, dann eine leitungsungebundene Wasserversorgung an, z. B. durch den Einsatz von Wassertransportfahrzeugen oder durch die Nutzung von leitungsunabhängigen Brunnen (Notbrunnen). Daneben dient das WasSiG auch zur Sicherstellung der Versorgung mit Betriebswasser im unentbehrlichen Umfang und zur Deckung des Löschwasserbedarfs.

Die Qualitätsanforderungen an Wasser im Krisenfall sind gemäß der ersten Wassersicherstellungsverordnung (1. WasSV) geringer als nach der TrinkwV [21]. Abweichend von den strengen Vorgaben der TrinkwV muss die Qualität des Notwassers so beschaffen sein, dass durch den Genuss oder Gebrauch die Gesundheit der Menschen sowie der Nutztiere nicht geschädigt wird.

Notbrunnen, die an sich zu Zwecken des Zivilschutzes errichtet wurden, können auch bei in Friedenszeiten eintretenden Extremereignissen zur Verstärkung kommunaler Ressourcen für die Ersatz- und Notwasserversorgung herangezogen werden, wenn das Regierungspräsidium als zuständige Behörde dem zustimmt (§ 8 WasSiG, § 12 Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz (ZSKG)) [22]. Im Fall der Nutzung zur Ersatzwasserversorgung sind allerdings weiterhin die strengen Vorgaben der TrinkwV verbindlich, sodass bei dem entsprechenden Einsatz von Notbrunnen im Rahmen der Ersatzwasserversorgung zu prüfen ist, ob diese die strengeren Vorgaben der TrinkwV einhalten und das Wasser an die Bevölkerung abgegeben werden darf.

### 1.13 Löschwasservorhaltung

Zuständig für den Brandschutz ist gemäß dem Hessischen Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz die Kommune [23]. Die Stadt greift hierfür auf das bestehende Trinkwasserverbundnetz mit den dort angeschlossenen Hydranten oder auf die Oberflächengewässer Main und Nidda zurück. Die Abstände der Löschwasserent-

nahmestellen dürfen in den Kernbereichen der Stadt maximal 100 m und in den übrigen Bereichen maximal 140 m betragen. Für den Fall, dass Löschwasser über das Leitungsnetz der öffentlichen Trinkwasserversorgung bezogen wird, sind die zur Verfügung gestellten Löschwassermengen des DVGW Arbeitsblatts W 405 [6] zu ermitteln. In diesem Zusammenhang sind auch die Anforderungen des Beiblattes als Arbeitsblatt W 405-B1 (A) zu berücksichtigen [24]. Für Zwecke des Brandschutzes, der Allgemeinen Hilfe und des Katastrophenschutzes stellt der Konzessionsnehmer/Versorger Löschwasserentnahmestellen gemäß den Vorgaben des DVGW-Merkblatts W 331 [25] zur Verfügung und sorgt für deren Betriebsbereitschaft.

### 1.14 Verträge der öffentlichen Wasserversorgung und Mitgliedschaften

Die Stadt hat die Mainova AG (Mainova) als Konzessionsinhaberin und Eigentümerin des Trinkwasserverteilnetzes mit der Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung beauftragt. Mainova hat wiederum die Netzdienste Rhein-Main GmbH (NRM) mit der Betriebsführung des Trinkwasserverteilnetzes beauftragt. Mainova und NRM beziehen das benötigte Trinkwasser von der Hessenwasser GmbH & Co. KG (Hessenwasser). Das Recht, Leitungen für die Wasserversorgung in Frankfurt am Main zu verlegen und zu betreiben, ist im Konzessionsvertrag mit der Stadt geregelt [26].

Zur Ergänzung der Wasserbeschaffung im Versorgungsgebiet von Hessenwasser hat Hessenwasser auch mit Dritten Wasserlieferungsverträge abgeschlossen, die wesentlich zur Versorgung von Frankfurt am Main beitragen (Oberhessische Versorgungsbetriebe AG, Wasserbeschaffungsverband Riedgruppe Ost, Stadtwerke Gelnhausen GmbH). Zusätzlich erhält Hessenwasser Wasserlieferungen im Rahmen von Verbandsmitgliedschaften, die nach den Regelungen der jeweiligen Verbandssatzung erfolgen.

Die Stadt ist seit Gründung des Wasserverbandes Kinzig im Jahr 1963 Verbandsmitglied. Im Auftrag der Stadt übernimmt Hessenwasser die Wassermenge, die gemäß der Verbandsatzung 77,9 % der Gewinnungsmenge beträgt.

Hessenwasser ist Mitglied im Zweckverband Unteres Niddatal. Der Zweckverband liefert Trinkwasser zur Versorgung von Nieder-Erlenbach an einer definierten Übergabestelle in dem Frankfurter Stadtteil (Vollversorgung). Mit Gründung von Hessenwasser ist die Mitgliedschaft der Stadt im Rahmen einer Rechtsnachfolge an Hessenwasser übergegangen.

Die Stadt Frankfurt am Main ist neben weiteren Kommunen, Landkreisen, Wasserversorgern (Hessenwasser, WBV Riedgruppe Ost, EWR Netz GmbH) und dem Beregnungsverband Hessisches Ried Mitglied im Wasserverband Hessisches Ried (WHR). Der WHR ist als Körperschaft des öffentlichen Rechts Teil der Landesverwaltung und hat gemäß Satzung die Aufgaben zur Sicherstellung der landwirtschaftlichen Beregnung und der Grundwasseranreicherung durch aufbereitetes Oberflächenwasser des Rheins für eine geordnete öffentliche Trinkwasserversorgung.

Die Stadt kommt der ihr gesetzlich zugewiesenen Aufgabe der Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung durch ihre Mitgliedschaften und die Tätigkeiten der oben genannten Unternehmen nach.

## 2 Stadtgebiet

Das Stadtgebiet von Frankfurt am Main liegt nach dem geografischen Koordinatensystem (Domturmspitze) in nördlicher Breite von 50°6'38,3" und östlicher Länge von 8°41'6,0" [27]. Nach der naturräumlichen Gliederung gehört das Stadtgebiet von Frankfurt am Main zur Haupteinheitengruppe des Rhein-Main-Tieflandes. Dieses unterteilt sich in die Haupteinheit des Main-Taunus-Vorlandes, die Wetterau und die Untermain-Ebene [28].

Das Stadtgebiet umfasst eine Fläche von 248,3 km<sup>2</sup>, bei einer Ost-West-Ausdehnung von 23,4 km und einer Nord-Süd-Erstreckung von 23,3 km. Topografisch liegt das Stadtgebiet auf einer Höhe zwischen 88 müNN und 212 müNN. Die höchste Erhebung, die Berger Warte, befindet sich nordöstlich der Innenstadt. Der tiefste Punkt ist südwestlich der Innenstadt, im südlichen Bereich von Sindlingen Süd am Main gelegen [27]. Das Stadtgebiet umfasst 46 Stadtteile [29].

Frankfurt am Main und die Rhein-Main-Region zählen mit 6 weiteren Ballungsräumen zu den Metropolregionen in Deutschland [30].

### 2.1 Allgemeine Beschreibung

Im Weiteren erfolgt eine Kurzfassung der prägenden geologischen, morphologischen, klimatischen und anthropogenen Faktoren, die einen unmittelbaren und mittelbaren Einfluss auf den Wasserhaushalt von Frankfurt am Main haben.

#### 2.1.1 Geologie

Das Stadtgebiet von Frankfurt am Main wird durch die geologischen Kartenblätter 5817 Frankfurt a. M. West [31], 5917 Kelsterbach (1980) [32], 5818 Frankfurt a. M. Ost (1993) [33] und 5918 Neu-Isenburg (1999) [34] beschrieben.

Das Stadtgebiet befindet sich auf unterschiedlichen geologischen Großeinheiten des nördlichen Oberrheingrabens (Süden); zu diesem gehört der Höchster Sulzbacher Graben (Westen) und der Nidda-Graben (Nordwesten). Im Osten wird der nördliche Oberrheingraben durch das Hanauer Becken begrenzt. Der nördliche Oberrheingraben reicht bis südlich von Harheim. Im Nordosten des Oberrheingrabens schließt sich die Wetterauer Senke an, wo sich die Stadtteile Nieder-Eschbach und Nieder-Erlenbach befinden. Südlich der Wetterauer Senke gliedert sich das Hanauer Becken an.

Die geologische Aufteilung des Stadtgebietes entspricht in etwa der naturräumlichen Gliederung des Stadtgebietes. Dadurch ergeben sich in Bezug auf die Grundwasserverhältnisse im Stadtgebiet deutlich differenzierte natürliche Voraussetzungen.

Der oberflächennahe geologische Untergrund in Frankfurt am Main wird größtenteils bis in eine Tiefe von mehreren 100 m aus Schichten des Tertiärs gebildet. Auf die anstehenden marinen Kalk- und Mergelsteinformationen folgen kalkfreie, limnisch-fluviatile Sedimente. Im westlichen Teil von Bockenheim werden diese von einer Basaltdecke überlagert. Mit Absenkung des Oberrheingrabens wurden die tertiären Gesteine von quartären Lockergesteins-

ablagerungen wie z. B. Terrassen und Auensedimenten überdeckt. Kalt- und warmzeitliche Wechsel führten zu einer ausgeprägten Terrassengliederung und zur Anhäufung von Flugsanden und mächtigen Löss- und Lösslehmlagen. Diese wurden aus den vegetationsarmen Schottergebieten großer Flüsse ausgeweht und abgelagert. Die Füllungen der Talauen und Altäler des Mains, der Nidda und ihrer Nebenflüsse werden von Hochflut- und Auenlehmen überdeckt.

### 2.1.2 Hydrogeologischer Überblick

Im Norden des Stadtgebietes werden die tertiären Ablagerungen des Taunusvorlands westlich der Nidda von quartärem Hangschutt und Lösslehm überdeckt. Die Wechselagerung von Grundwassernichtleitern (Tone und Mergel) und Grundwasserleitern (Kalksteine, Sande und Kiese) führt teilweise zur Ausbildung gespannter Grundwasserverhältnisse mit geringer Ergiebigkeit.

Der oberflächennahe Untergrund der Frankfurter Innenstadt, nördlich des Mains bis nach Seckbach im Nordosten, besteht überwiegend aus miozänen Schichten (Hydrobienschichten und Landschneckenmergel). Hierbei handelt es sich um schluffige Mergeltone mit Einschaltungen von Kalksand- und Kalkschlufflagen sowie Kalkstein- und Dolomitbänken, die eine Mächtigkeit von bis zu 95 m erreichen können. Es handelt sich um wenig wasserwegsame Schichten mit geringer Ergiebigkeit.

Westlich der Innenstadt, im Nidda-Graben und im westlichen Randgebiet zwischen Eschborn und Frankfurt-Bonames, stehen quartäre Sedimente (Sande mit schluffigen Einlagerungen, häufige Überdeckung mit Lösslehm) an, die pliozäne Sande und Kiese mit stark schwankenden Mächtigkeiten von bis zu 30 m überlagern. Diese quartären Sedimente sind bei mäßiger Mächtigkeit ein bedingt ergiebiger Grundwasserleiter.

Östlich der Innenstadt bis Bergen-Enkheim wird der oberflächennahe Untergrund von geringmächtigen (meist unter 10 m), pleistozänen, sandig-kiesigen Mainterrassen aufgebaut. Unterlagert werden diese von den wasserstauenden Schichten des oligozänen Rupeltons. Der geringmächtige, aus pleistozänen Mainterrassen bestehende Grundwasserleiter weist nur eine geringe Ergiebigkeit auf.

Südlich des Mains, im Bereich des Stadtwalds, stehen mächtige pleistozäne und pliozäne Sande des Mains mit wechselnden Kiesanteilen und tonig-schluffigen Zwischenlagen an, deren Mächtigkeit zum Main hin abnimmt. Diese bis zu mehreren 10 m mächtigen Lockergesteinslagen besitzen eine hohe Grundwasserspeicherfähigkeit und bilden den bedeutendsten Grundwasserleiter des gesamten Stadtgebiets. Sie sind daher von großer wasserwirtschaftlicher Bedeutung für die Grundwasserentnahme und die Grundwasseranreicherung.

Östlich des Stadtwaldes, im Bereich des Sachsenhäuser Bergs, stehen großflächig miozäne Mergel, Kalksteine und Tone an. Die Kalksteine führen als Kluffgrundwasserleiter partiell gespanntes Grundwasser, ihre Ergiebigkeit ist gering. Dies ist der Wechselagerung mit wenig wasserwegsamem Tonen und Mergeln geschuldet. Durch Korrosion der Karbonate im Kalk-

stein entstandene Karstgrundwasserleiter sind kleinräumig ausgebildet und weisen eine sehr geringe Ergiebigkeit auf.

Frankfurt am Main kann gemäß der hydrogeologischen Ausprägung und der damit in direktem Zusammenhang stehenden Grundwassergewinnungsmöglichkeiten in verschiedene Ergiebigkeitsbereiche unterteilt werden. Maßgeblich für eine Unterteilung sind die Eignung der grundwasserleitenden Gesteine zur Speicherung von Grundwasser sowie ihre Mächtigkeit. Zu unterscheiden sind ergiebige (grün), bedingt ergiebige (gelb) und nicht ergiebige Bereiche (braun). Die Grundwassergiebigkeit im Stadtgebiet kann auf Grundlage der gewählten Klassifizierung aus der folgenden Abbildung entnommen werden [35].

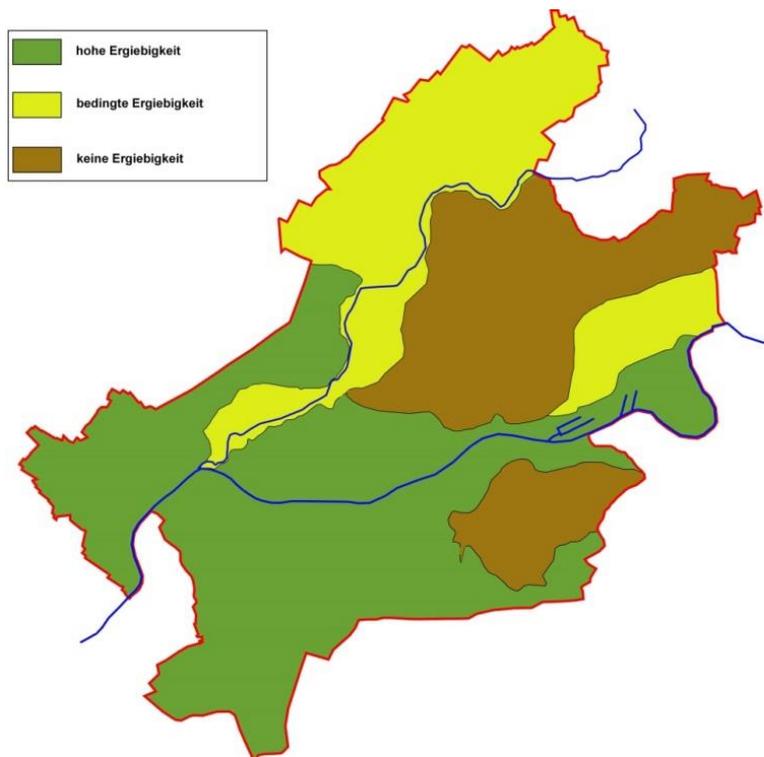


Abb. 1: Grundwassergiebigkeit von Frankfurt am Main [35]

### 2.1.3 EU-Wasserrahmenrichtlinie

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie [15] (WRRL) legt einen europaweiten Gemeinschaftsrahmen für einen integrierten Gewässerschutz und die Bewirtschaftung des Wassers sowohl für Grundwasser als auch für Oberflächengewässer fest. Um die Ziele der WRRL zu erreichen, wurden im WHG Bewirtschaftungsziele für Oberflächenwasserkörper (§ 27) und Grundwasserkörper (§ 47) festgelegt. Zu diesen Bewirtschaftungszielen des Grundwassers zählt, dass eine Verschlechterung des mengenmäßigen und chemischen Zustands vermieden und ein guter mengenmäßiger und chemischer Zustand erhalten bzw. erreicht wird. Die Bewertung des Grundwassers und der Oberflächengewässer erfolgt unter qualitativen und quantitativen Aspekten und einer ökologischen und ökonomischen Betrachtungsweise.

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

Mit der WRRL wird das Ziel verfolgt, dass Grundwasser und oberirdische Gewässer einen guten Zustand erreichen bzw. erhalten. Die Zustandsbewertung erfolgt bei oberirdischen Gewässern durch eine Überwachung ökologischer und chemischer Parameter, für das Grundwasser durch eine Überwachung des chemischen und mengenmäßigen Zustandes. Eine Verschlechterung des Zustandes der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers soll unterbunden werden.

Folgende Grundwasserkörper liegen im Stadtgebiet von Frankfurt am Main [36]:

- 2398\_3101
- 2470\_3201
- 2470\_3202
- 2480\_3202
- 2490\_3101
- 2490\_3105

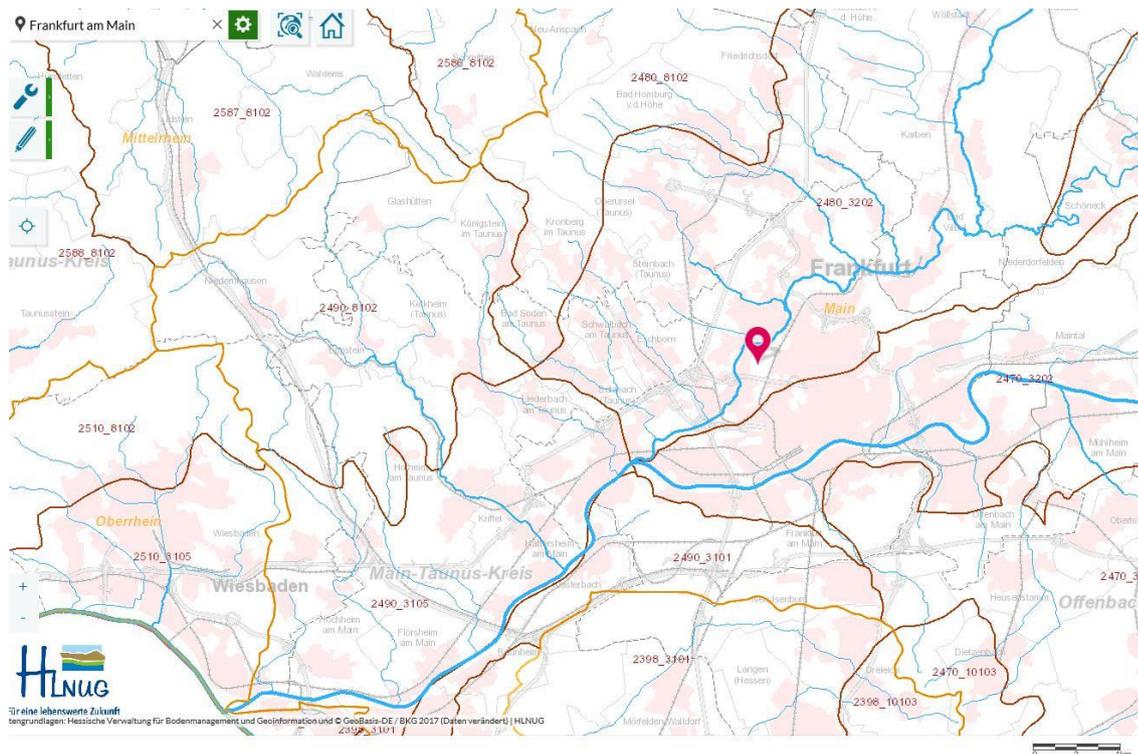


Abb. 2: Grundwasserkörper nach EU-WRRL in Frankfurt am Main [36]

Die Grundwasserkörper 2398\_3101, 2470\_3201, 2470\_3202 und 2490\_3105 werden als mengenmäßig gutem Zustand, jedoch schlechtem chemischen Zustand eingestuft. Der schlechte chemische Zustand beruht auf zu hohen Nitrat- und stellenweise zu hohen Pestizidwerten (2470\_3201 und 2398\_3101). Das Bewirtschaftungsziel eines guten mengenmäßigen Zustands ist erreicht. Das Bewirtschaftungsziel guter chemischer Zustand soll voraussichtlich im Jahr 2027 erreicht sein.

Die Grundwasserkörper 2480\_3202 und 2490\_3101 werden mengenmäßig und chemisch als in gutem Zustand eingestuft. Die Bewirtschaftungsziele guter mengenmäßiger und chemischer Zustand sind erreicht und sind zu erhalten [36].

### 2.1.4 Klima/Witterung

Frankfurt am Main gehört nach der Klimaklassifikation von Köppen-Geiger zur warm-gemäßigten Zone (C) und wird dem feucht-gemäßigten Klimatyp zugeordnet (Cf). Der Klimatyp wird durch die vorherrschenden Sommertemperaturen näher spezifiziert. Da die Mitteltemperatur des wärmsten Monats unter +22 °C liegt, aber mindestens vier Monate mit Mitteltemperaturen von wenigstens +10 °C auftreten, ist gemäß den Sommertemperaturen die Stadt Frankfurt am Main dem Klimauntertyp „warme Sommer (Cfb)“ zuzuordnen [37].

Westliche Winde transportieren feuchte Luft vom Atlantik heran, die zu Niederschlägen führen, die auf das gesamte Jahr bezogen eher gering sind. Der ozeanische Einfluss sorgte bisher in der Regel für milde Winter und nicht zu heiße Sommer. Die Temperaturverhältnisse werden vorrangig von der Geländehöhe und dem Zersiedlungsgrad bestimmt.

In den weiteren Ausführungen wird auf die Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes Frankfurt/Main-Flughafen (Station ID DWD 1420) Bezug genommen [38]. Diese Messstation wurde der Station Frankfurt/Main Stadt (Station ID DWD 1424) vorgezogen, da die Messstation Frankfurt/Main Stadt innerhalb der Stadt mehrfach verlegt wurde. Im Vergleich des Temperaturgangs zwischen beiden Stationen ist der Urbanisierungseffekt in der Stadt durch höhere Temperaturen eindeutig erkennbar.

Als Referenzzeitraum für die Bestimmung des klimatischen Geschehens in der Gegenwart werden gemäß meteorologischer Konvention 30 Jahre zugrunde gelegt, hier 1981–2010. Als internationale Vergleichsperiode wird 1961–1990 herangezogen.

Das Klima in Frankfurt am Main zeichnet sich im Mittel der Referenzperiode 1981–2010 wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt aus.

Kennzahlen	Einheit	Mittel (1981–2010)	Maximum	Datum
Jahresmitteltemperatur	°C	10,5	12,5	2018
Maximale Tagestemperatur	°C		40,1	25.07.2019
Anzahl Sommertage	Tage max. ≥ 25 °C	52,0	108	2018
Anzahl Hitzetage	Tage max. ≥ 30 °C	13,2	43	2018
Jahresniederschlag	mm	629	1.057	1965

Tab. 1: Klimakennzahlen der Station Frankfurt/Main-Flughafen [38]

---

In Abb. 2 bis 5 werden aktuelle Kennwerte der Niederschlags- und Temperaturentwicklung dargestellt [39]. In Säulen werden Niederschlagssummen in mm oder die Jahresmitteltemperatur in °C eines Jahres abgebildet. Säulenwerte oberhalb und unterhalb der x-Achse charakterisieren die Abweichung der Jahreswerte in mm oder in °C von der Referenzperiode 1981–2010. Falls die Klimavariablen, z. B. Temperatur, Niederschlag, Wind, Verdunstung, um einen langjährigen Mittelwert schwanken, bleibt das Klima stabil. Eine Abweichung nach oben von der Referenzperiode zeigt bei der Jahrestemperatur bzw. bei den Jahresniederschlagssummen an, um wie viel °C das Jahr wärmer bzw. um wie viel mm höher die Niederschlagsmenge war, nach unten, um wie viel °C das Jahr kälter bzw. um wie viel mm das Niederschlagsdefizit größer war.

Die Variabilität und die Entwicklung der Temperatur und des Niederschlags ist in den längeren Zeitreihen in den folgenden zwei Abbildungen deutlich erkennbar. Seit Start der Niederschlagserfassung im Jahr 1936 hat sich die Summe der Jahresniederschläge bis 2018 um ca. 96 mm (lineare Trendanalyse) verringert. Die Höhe des Niederschlagsdefizits einzelner Jahresniederschläge steigt gegenüber der Jahresniederschlagsmenge in der Referenzperiode 1981–2010 an. Der geringe Jahresniederschlag im Jahr 2018 von ca. 400 mm an der Station gegenüber dem langjährigen Mittel von 629 mm in der Referenzperiode 1981–2010 basiert auf unterdurchschnittlichen monatlichen Niederschlagsereignissen im Zeitraum Februar, März und Mai bis November 2018.

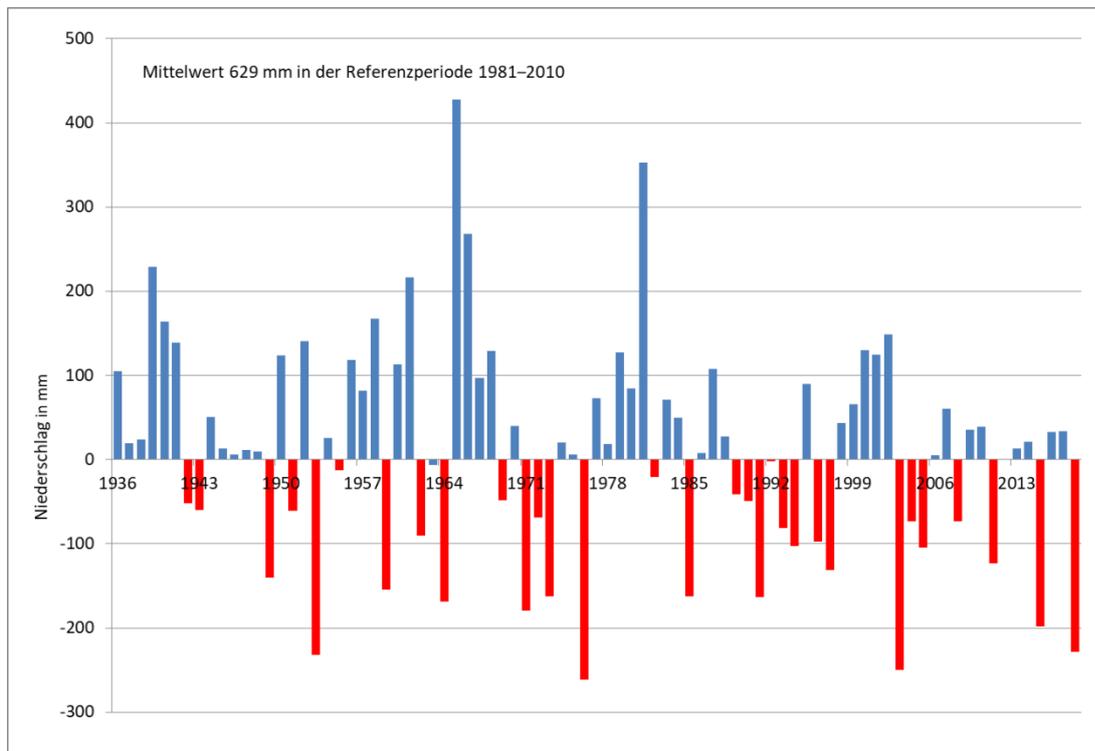


Abb. 3: Abweichung des Jahresniederschlags an der Station Frankfurt/Main-Flughafen von der Referenzperiode 1981–2010 [39]

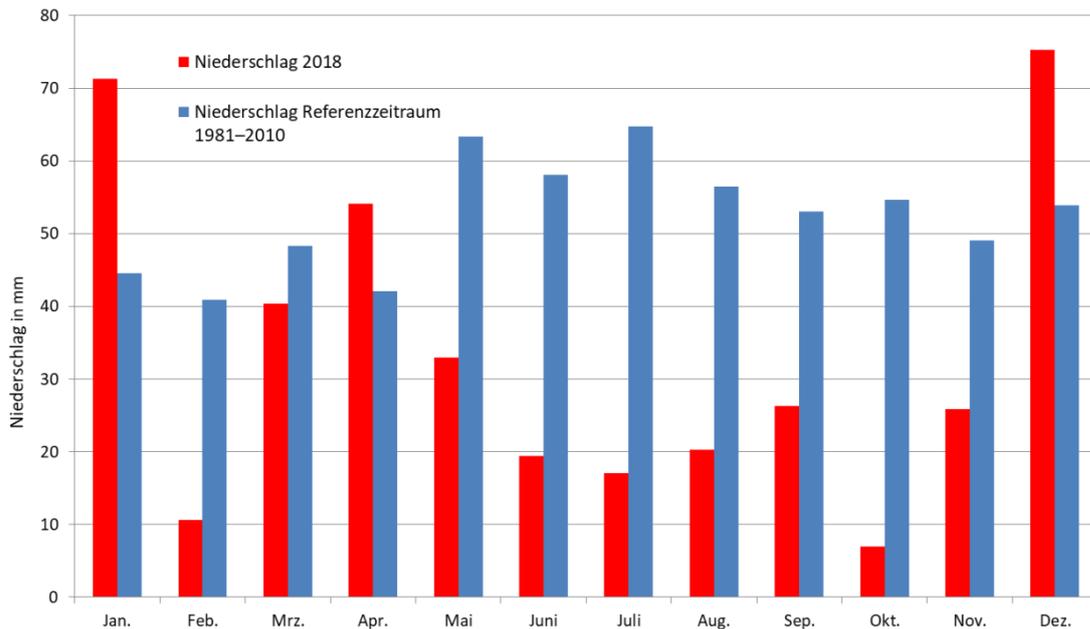


Abb. 4: Abweichung der monatlichen Niederschlagsmengen des Jahres 2018 an der Station Frankfurt/Main-Flughafen von der Referenzperiode 1981–2010 [39]

Die durchschnittliche Jahrestemperatur in °C hat sich seit Start der Temperaturmessung im Jahr 1937 bis 2018 um ca. 2,6 °C auf ca. 11,4° C erhöht (lineare Trendanalyse). In der nächsten Abbildung wird verdeutlicht, dass die durchschnittliche Jahrestemperatur in °C seit 1988, mit Ausnahme der Jahre 1991, 1993, 1996 und 2010, über der Jahrestemperatur der Referenzperiode 1981–2018 liegt.

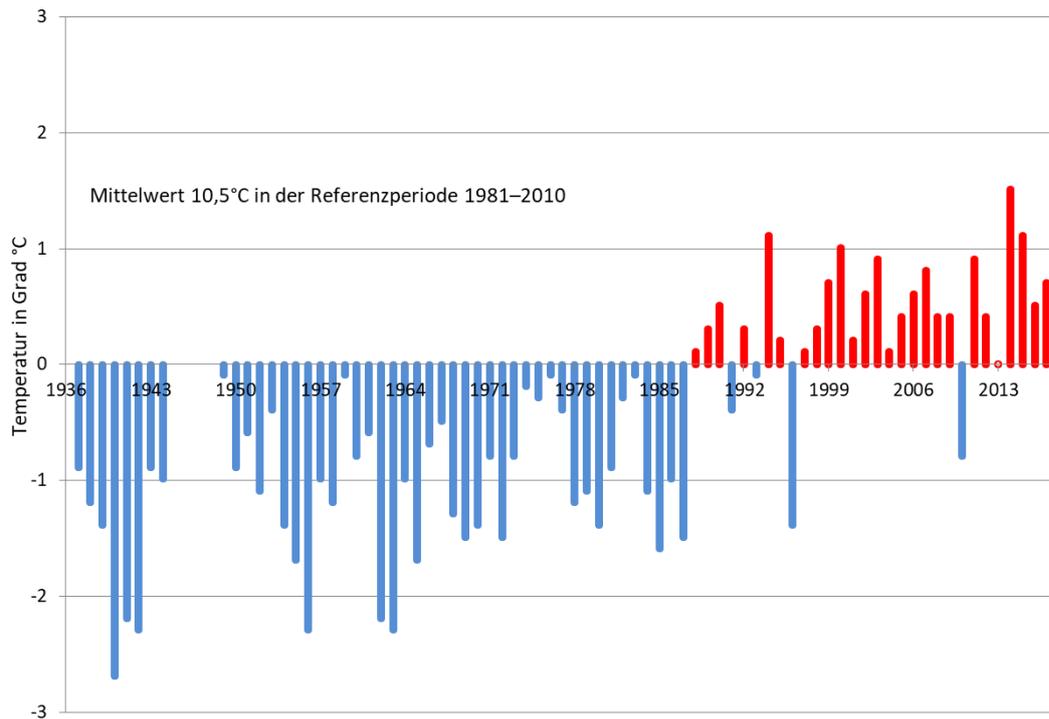


Abb. 5: Abweichung der Jahresmitteltemperatur an der Station Frankfurt/Main-Flughafen von der Referenzperiode 1981–2010 [39]

Das Jahr 2018 war nach Auswertungen des DWD seit Aufzeichnungsbeginn das wärmste Jahr in Deutschland. Wird der heiße Sommer des Jahres 2018 mit den Sommermonaten in der Referenzperiode 1961–1990 verglichen, ist dieser Sommer als Extremereignis einzustufen. Für die Referenzperiode 1981–2010 weicht dieser Sommer auch deutlich von der Norm ab. Die lang anhaltende Wärme wurde durch ein ausgeprägtes Niederschlagsdefizit zwischen den Monaten April und Oktober noch verstärkt [40].

Im Sommerhalbjahr 2018 wurden im Mittel bundesweit 20 Hitzetage (Lufttemperatur von mindestens 30 °C) erreicht. Die Zahl der Sommertage (Lufttemperatur von mindestens 25 °C) lag bei 74, 12 Tage mehr als 2003 [40]. Die Anzahl der Sommer- und Hitzetage im Zeitraum 1981–2018 an der Station Frankfurt/Main-Flughafen wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

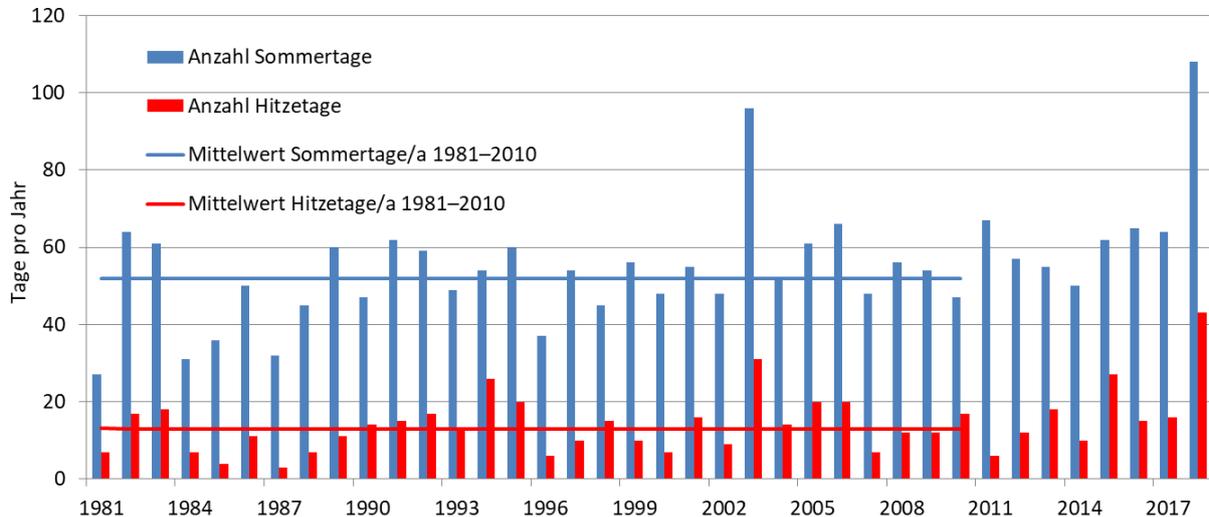


Abb. 6: Anzahl der Sommer- und Hitzetage an der Station Frankfurt/Main-Flughafen und Mittelwerte in der Referenzperiode 1981–2010 [39]

In der Referenzperiode 1981–2010 waren im jährlichen Mittel an der Station Frankfurt/Main-Flughafen 52 Sommer- und 13 Hitzetage zu erwarten. Die Jahre 2003 und 2018 weichen mit 96 bzw. 108 Sommer- und 31 bzw. 43 Hitzetagen deutlich von den Mittelwerten ab. Das Jahr 2018 weist innerhalb der Beobachtungsperiode (01.01.1949–31.12.2019) das Maximum an Sommer- und Hitzetagen auf.

## 2.1.5 Flächennutzung

Die Gesamtfläche von Frankfurt am Main beträgt rund 248 km<sup>2</sup>. Davon entfallen ca. 93 km<sup>2</sup> auf Siedlungsflächen, ca. 98 km<sup>2</sup> auf Vegetationsflächen, ca. 52 km<sup>2</sup> auf Verkehrsflächen und ca. 5 km<sup>2</sup> auf Gewässer. In den Siedlungsflächen sind ca. 37 km<sup>2</sup> Wohnbauflächen, ca. 21 km<sup>2</sup> Industrie- und Gewerbeflächen, ca. 18 km<sup>2</sup> Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen sowie weitere Flächen im einstelligen km<sup>2</sup>-Bereich enthalten [29].

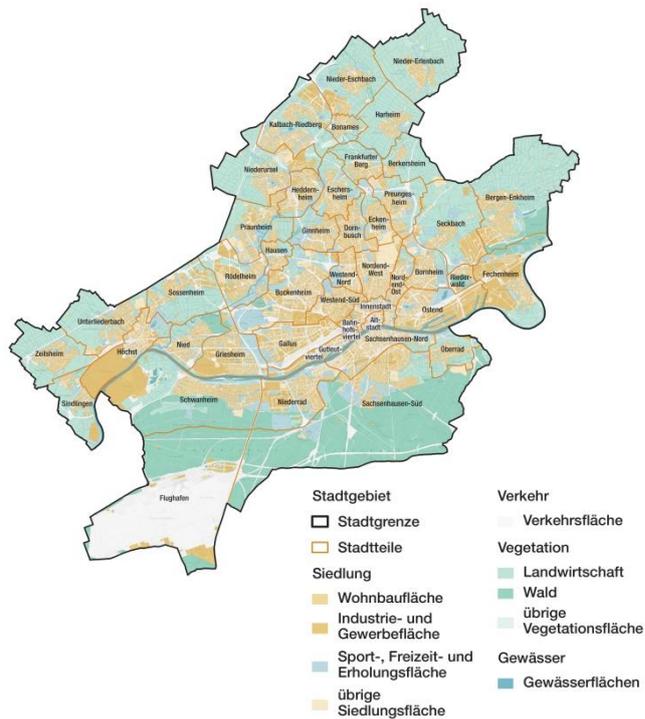


Abb. 7: Flächennutzung im Stadtgebiet [29]

## 2.1.6 Bevölkerung

Frankfurt am Main ist die größte Stadt Hessens und die fünftgrößte Stadt in der Bundesrepublik Deutschland nach Berlin, Hamburg, München und Köln [41].

Zum Stichtag 31.12.2018 meldete das Bürgeramt für Statistik und Wahlen, dass in Frankfurt am Main 747.848 Einwohner\*innen beheimatet sind [42]. Mit einem Bevölkerungszuwachs von 10.726 Einwohner\*innen, dies entspricht einer jährlichen Zuwachsrate von 1,43 %, wuchs Frankfurt am Main zum 31.12.2019 auf 758.574 Einwohner\*innen an [43]. Charakteristisch für die Bevölkerungsentwicklung von Frankfurt am Main sind Phasen mit unterschiedlich starkem Wachstum, Phasen von Stagnation und zeitweise auch Rückgang, die in der nachfolgenden Abbildung erkennbar sind.

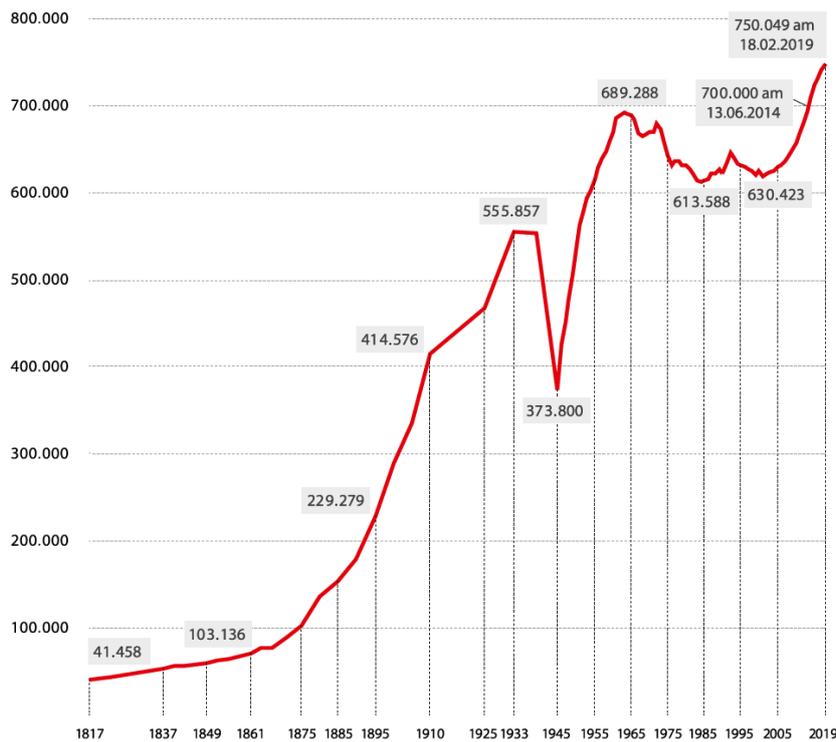


Abb. 8: Bevölkerungsentwicklung bis 2019 [42]

Frankfurt am Main zählt neben Berlin, München, Stuttgart und Düsseldorf zu den dichtbesiedelten Städten [41]. In den Materialien zur Stadtbeobachtung ist für das Jahr 2017 eine gemittelte Bevölkerungsdichte von ca. 3.000 Einwohner\*innen/km<sup>2</sup> [41] angegeben. Die größte Bevölkerungsdichte von über 10.000 Einwohner\*innen/km<sup>2</sup> weisen die Stadtteile Bornheim, Nordend-Ost und Nordend-West auf, die geringsten von unter 1.000 Einwohner\*innen/km<sup>2</sup> weisen Sachsenhausen-Süd, Harheim und Nieder-Erlenbach auf. Die amtliche Bevölkerungsstatistik führt das Statistische Landesamt in Wiesbaden. Nebenwohnsitze bleiben unberücksichtigt. In den weiteren Ausarbeitungen zur Prognose der Bevölkerungsentwicklung und des Wasserbedarfs (siehe Kap. 2.2.3 Bevölkerung und Kap. 4 Wasserabgabe und Wasserbedarf) wird auf die amtliche Bevölkerungsstatistik Bezug genommen.

Im Jahr 2017 lag die Erwerbstätigenquote in Frankfurt am Main berechnet auf 1.000 Einwohner\*innen bei 937 Beschäftigten. In den Städten München, Berlin und Hamburg betrug die Erwerbstätigenquote pro 1.000 Einwohner\*innen 746, 534 und 681 Beschäftigte. Frankfurt am Main hat mit deutlichem Abstand die höchste Erwerbstätigenquote in der Bundesrepublik Deutschland. Die hohe Erwerbstätigenquote basiert auf einem Überschuss an Einpendler\*innen, der 267.376 zusätzlichen Einwohner\*innen pro Tag entspricht. Die Stadt wurde 2017 von 5.601.761 Gästen besucht, auf die insgesamt 9.544.368 Übernachtungen entfallen sind [41]. Dies entspricht einer mittleren täglichen Anzahl von ca. 26.000 Übernachtungsgästen.

### 2.2 Entwicklung bis 2030

#### 2.2.1 Klima/Witterung

Um zukünftige klimatische Änderungen und die darauf aufbauenden Auswirkungen auf Frankfurt am Main näherungsweise beschreiben zu können, bedarf es umfangreicher Kenntnisse über das bisherige zeitliche Änderungssignal des Klimas. Das Vorhandensein möglichst langer Zeitreihen ist dabei zwingend erforderlich. Kenntnisse über die gewählten Eingangsfaktoren zur Bewertung der modellierten Szenarien sind essenziell. Dazu zählen z. B. Informationen zu dem eingesetzten Klimamodell (statistisch oder dynamisch), dem gewählten Treibhausgasszenario (Emissionsszenario), der Modellskalierung (Rasterbreite), den Modellunsicherheiten und der Spannweite der Klimasimulation. Nützliche Hinweise dazu werden über das Internetportal des Umweltbundesamtes bereitgestellt.

Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung hat eine Wirkungsanalyse für das Land Hessen erstellt. Nach den Klimaprojektionen geht das Institut davon aus, dass die Temperatur und die damit verbundenen Indizes, unabhängig vom Emissionsszenario, stark ansteigen. Für Südhessen und den Raum Frankfurt am Main wird erwartet, dass die Zunahme der tropischen Nächte (Tagestiefsttemperatur  $\geq 20$  °C) und der Hitzetage im Vergleich zu den übrigen Landesteilen stärker ausfallen [44].

Unter Berücksichtigung der von HLNUG und dem Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführten „Klimaanalyse und -projektion für das erweiterte Stadtgebiet Wiesbaden und Mainz“ sind in den Jahren 2050/2060/2100 im Vergleich zur Referenzperiode 1981–2010 folgende Tendenzen für das erweiterte Stadtgebiet Wiesbaden und Mainz, das grundsätzlich auf das Stadtgebiet von Frankfurt am Main übertragbar ist, wahrscheinlich [45] [46]:

- Tendenz zu mehr Winter- und weniger Sommerniederschlägen bei gleichbleibender jährlicher Niederschlagshöhe
- erhöhte Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen
- Umverteilung der Gewässerabflüsse hin zu geringeren Abflüssen im Sommerhalbjahr
- stärkere Schwankungen zwischen hohem Grundwasserstand im Winter und tiefem im Sommer
- Zunahme von Sommer- und Hitzetagen und Tropennächten
  - Sommertage: +15 (Innenstädte: +17)
  - Hitzetage: +5 (Innenstädte: +6)
  - Tropennächte: +9 (Innenstädte: +11)
- Zunahme von Wärmeperioden

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Klimamodellierung steigen die Sommer- und Hitzetage der Jahre 2030–2060 gegenüber der Referenzperiode 1981–2010 um ca. 30–40 % an. Die Anzahl der Sommer- und Hitzetage für den Innenstadtbereich wird durch die Aufwärmung der Siedlungsbereiche weiter zunehmen als in den Außenbereichen. Mit einer

Zunahme der Sommer- und Hitzetage ist auch ein Anstieg der Wärmeperioden verbunden. Deren Anzahl ist temperaturspezifisch vom hinterlegten CO<sub>2</sub>-Szenario abhängig. Als Wärmeperiode werden mindestens 6 zusammenhängende Tage bezeichnet, an denen die Tageshöchsttemperatur höher ist als an den 10 % wärmsten Tagen im gewählten Referenzzeitraum.

Verbunden mit dem Temperaturanstieg in den nächsten Jahrzehnten erhöht sich zwangsläufig die Verdunstung über Feldern, Grünanlagen und Wäldern. In Abhängigkeit verschiedener topografischer, klimatischer und hydrogeologischer Einflussfaktoren wirkt sich dies auch auf die Grundwasserneubildung aus.

### 2.2.2 Flächennutzung

Das Integrierte Stadtentwicklungskonzept 2030+ liefert Ansätze für die künftige Entwicklung der Stadt und ihrer Stadtteile [47]. Im Stadtentwicklungskonzept wird angenommen, dass einschließlich des bereits heute bestehenden Nachholbedarfs im Wohnungsbau 90.000 neue Wohnungen zu errichten sind.

Mittelfristig werden im Stadtentwicklungskonzept 8 Schwerpunkträume mit einem hohen Potenzial für die Stadtentwicklung identifiziert: Neuer Stadtteil Frankfurt-Nordwest, Mittlerer Norden, Stadträumliche Verflechtung Bornheim-Seckbach, Innenstadt, Gutleuthafen, Am Römerhof, Griesheim-Mitte und Nied und Gewerbestandort Sossenheim-Rödelheim.

Das Stadtentwicklungskonzept berücksichtigt den gemäß Stadtverordnetenbeschluss aus dem Jahre 1991 beschlossenen Erhalt und die qualitative Aufwertung des Grüngürtels und der Grünzüge in Frankfurt am Main. Neue Grünflächen sind im Zuge der Innenentwicklung geplant. Die vorhandenen Grünflächen und Freiräume sollen weiter vernetzt, zusätzliche Grünflächen im Bestand geschaffen und die Uferbereiche des Mains und der Nidda aufgewertet werden. Das städtische Grün spielt eine wichtige Rolle im Rahmen der Klimaanpassung der Innenstädte. Parks und Grünzüge spenden Schatten, minimieren die Aufheizung der innerstädtischen Gebiete und erhöhen damit gleichzeitig auch das Wohlfühl der Bürger\*innen. Zum Erhalt der positiven Eigenschaften ist es daher unerlässlich, die grüne Infrastruktur in Hitzeperioden zu bewässern. Nur damit ist gewährleistet, dass diese nicht ihre Wirkung verlieren. Zur Gewährleistung einer zukunftsfähigen und ökologischen Optimierung der grünen Infrastruktur bedarf es einer engen Abstimmung zwischen den öffentlichen und privaten Betreibern von Gebäuden, Infrastruktureinrichtungen und Freiflächen.

Der Masterplan Industrie für die Stadt Frankfurt am Main ist eine der Säulen des städtischen Entwicklungskonzeptes zur Flächensicherung und Flächenvorsorge für Industrie und Gewerbe. Vonseiten der Stadt Frankfurt am Main wird ausgehend vom Jahr 2015 ein Flächenbedarf bis 2030 von 90–140 ha prognostiziert [48]. Bis in das Jahr 2030 besteht für die Stadt Frankfurt am Main die Möglichkeit, Flächenreserven für das Gewerbeflächenentwicklungsprogramm von ca. 214 ha zu aktivieren. Dabei handelt es sich um erschlossene unbebaute Flächen, um noch nicht erschlossene Zuwachsflächen, Betriebsreserven bestehender

Firmen, versiegelte und unversiegelte Flächen, die brachliegen, und mindergenutzte Flächen [49].

### 2.2.3 Bevölkerung

Die Bevölkerung in Frankfurt am Main wächst rasant an. Verschiedene methodische Ansätze bilden die Grundlage für eine Abschätzung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung. Diese Prognosen basieren auf der Zensuszählung am 09.05.2011 mit der damals festgestellten Einwohnerzahl mit Hauptwohnsitz in der Stadt.

Für das Wasserkonzept werden nur Prognosen berücksichtigt, die für das Jahr 2030 auch die kommunale Ebene beinhalten und mindestens auf den Bevölkerungszahlen aus dem Jahr 2014 basieren. Ältere Prognosen wurden nicht mehr herangezogen, da deren Datenbasis veraltet ist. Die Stadt erwartet für das Jahr 2030 einen Bevölkerungsanstieg auf 810.084 Einwohner\*innen [50]. Die Hessen Agentur [51] bzw. das Hessische Statistische Landesamt [52] rechnen mit einem Bevölkerungsanstieg auf 807.400 bzw. 841.228 Einwohner\*innen.

Quelle	Einwohnerzahlen		
	Basis		Prognose
	Jahr	Einwohner*innen	2030
Bürgeramt F/M [50]	2014	708.543	810.084
HSL [52]	2014	717.624	841.228
Hessen Agentur [51]	2014	717.600	807.400

Tab. 2: Bevölkerungsvorausberechnung 2030 für Frankfurt am Main [50] [51] [52]

Neuere Prognosen aus dem Jahr 2019 des Hessischen Statistischen Landesamtes [53] und der Hessen Agentur [54] beleuchten den Zeitraum nach 2030.

Weitere Bevölkerungsvorausberechnungen auf regionaler Ebene für den Prognosehorizont 2030, einschließlich tiefer gehender Bewertungen zu den Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf den Wasserbedarf, sind auch in dem aktuellen Regionalen Wasserbedarfsnachweis von Hessenwasser hinterlegt [55] [56]. In die Wasserbedarfsprognose (siehe Kap. 4.2.1 Prognose öffentliche Trinkwasserversorgung) geht die Prognose des Bürgeramtes der Stadt Frankfurt am Main für den Betrachtungshorizont 2030 ein.

### 3 Struktur der Trinkwasserversorgung

Die öffentliche Wasserversorgung als hoheitliche kommunale Verpflichtung obliegt der Stadt Frankfurt am Main. Diese hat die Aufgabe der Wasserversorgung an Mainova übertragen. Mainova versorgt mehr als 750.000 Einwohner\*innen in 46 Stadtteilen in Frankfurt am Main mit Trinkwasser. Den zuverlässigen Betrieb des 2.050 km umfassenden Wassernetzes in der Mainmetropole mit über 64.000 Hausanschlüssen gewährleistet die Mainova-Tochter NRM. Für die Beschaffung und Bereitstellung des Trinkwassers ist Hessenwasser verantwortlich.

#### 3.1 Historische Entwicklung

Die moderne leitungsgebundene, öffentliche Wasserversorgung der Stadt Frankfurt am Main nahm ihren Anfang im Jahr 1873 bzw. 1876 mit der Erschließung regionaler Quellwasserressourcen im Bereich Birstein-Fischborn und im Bereich Biebergemünd (Inbetriebnahme der „Frankfurter Quellwasserleitung“) im heutigen Main-Kinzig-Kreis. Mit dem enormen Bevölkerungswachstum der Stadt Frankfurt am Main in der „Gründerzeit“ ging ein steiler Anstieg des Trinkwasserbedarfs einher. In kurzer Folge wurden drei Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald errichtet (WW Oberforsthaus (1885), WW Goldstein (1888) und WW Hinkelstein (1894)). Dies war der Beginn der Kombination von lokaler und regionaler Wassergewinnung zur Sicherung der Trinkwasserversorgung der Stadt Frankfurt am Main. Ein Modell, das schon bald nach der Inbetriebnahme des Wasserwerks Hinkelstein mit der Inbetriebnahme eines Wasserwerks auf der Gemarkung der Gemeinde Hattersheim fortgeschrieben wurde (1909). Das WW Hattersheim wurde in den darauffolgenden Jahrzehnten bis 1950 mehrfach erweitert, sodass es bis in die frühen 1970er-Jahre das leistungsfähigste ortsnahe Wasserwerk zur Versorgung der Stadt Frankfurt am Main wurde. Die zunehmende Kontamination des Grundwassers mit Pflanzenschutzmittel-Metaboliten sowie Inhaltsstoffen des Mains schränkte die Gewinnungskapazität zunehmend ein.

In Wirtheim hat die Stadt Frankfurt am Main 1901 die landespolizeiliche Erlaubnis erhalten, Grundwasser zu fördern. 1902 wurde hierfür ein kleines Wasserwerk im Kinzigtal errichtet. Das dort gewonnene Wasser wurde in die bestehende „Frankfurter Quellwasserleitung“ eingespeist. Heute wird das gewonnene Wasser über eine vorhandene Rohwasserleitung dem WW Neudorf zugeführt und dort aufbereitet. Eine bis heute wichtige und wesentliche Stärkung des regionalen Wasserbezugs erfolgte 1911 mit Aufnahme der Trinkwasserlieferung von der aus diesem Anlass gegründeten Oberhessischen Versorgungs-AG (OVAG) aus dem westlichen Vogelsberg (Hungen-Inheiden).

Die oben geschilderten Gewinnungsanlagen und Lieferbeziehungen, wenn auch in teilweise verändertem Umfang, werden bis heute genutzt.

Das Wachstum der Stadt Frankfurt am Main wurde seit 1885 auch durch fortschreitende Eingemeindungen vorangetrieben. Damit einher ging zum Teil auch die Übernahme von Wassergewinnungsanlagen der ehemals selbstständigen Gemeinden. Auf diese Weise gelangten bereits 1910 die Wasserwerke der Gemeinde Praunheim (WW Praunheim II von 1904 und WW Praunheim III von 1906) in die Verantwortung der Stadt. Das WW Praunheim III wurde 2007 außer Betrieb genommen. Als Fechenheim 1928 eingemeindet

wurde, ging auch ein kleines WW in den Besitz der Stadt über, das 1979 außer Betrieb genommen wurde. Das Dorf Nieder-Eschbach wurde im Jahr 1972 ein Stadtteil der Stadt Frankfurt am Main und brachte sein 1956 errichtetes Wasserwerk in die Reihe lokaler Gewinnungsanlagen der Stadt ein. 2005 wurde das Wasserwerk stillgelegt. Das Wasserwerk von Bergen-Enkheim wurde 1977 bei der Eingemeindung von der Stadt übernommen und im Jahr 2011 stillgelegt. Die Stilllegung der verschiedenen Anlagen erfolgte aufgrund versorgungstechnischer, wirtschaftlicher und raumplanerischer Gründe unter Abwägung aller maßgeblichen Aspekte.

In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg stieg zu Beginn der 1950er-Jahre sowohl die Einwohnerzahl als auch die Industrieproduktion und Gewerbetätigkeit wieder an und hatte zur Folge, dass sich auch der Trinkwasserbedarf deutlich erhöhte. Als erste Nachkriegsanlage wurde 1950 das WW Mönchhof errichtet. Die Trinkwassergewinnung musste hier aber bereits 1964 wegen der Kontamination des Grundwassers durch die benachbarte chemische Industrie aufgegeben werden.

Im Jahr 1954 wurde ein weiteres Grundwasserwerk im Frankfurter Stadtwald errichtet (WW Schwanheim). Damit überstieg die Kapazität der Gewinnungsanlagen jedoch sehr bald das natürlich verfügbare Grundwasserdargebot. Um das Grundwasserdargebot durch aufbereitetes Oberflächenwasser zu stützen, wurde im Jahr 1959 mit der Inbetriebnahme der Mainwasseraufbereitungsanlage, des korrespondierenden Brauchwassernetzes und der Infiltrationsanlagen eine komplexe Infrastruktur zur aktiven Grundwasserbewirtschaftung in Betrieb genommen. Diese Anlage ist bis heute in Betrieb und ist essenziell für den nachhaltigen Betrieb der Wassergewinnung im Frankfurter Stadtwald.

Im Jahr 1957 wurde im Stadtteil Griesheim ein kleineres Wasserwerk in Betrieb genommen, das 2007 aufgrund des extrem harten Wassers außer Betrieb genommen wurde. Auch im Jahr 1957 wurden am Mainufer in Frankfurt-Schwanheim Brunnen zur Gewinnung von Mainuferfiltrat errichtet. Die Anlage wurde aufgrund der Beschaffenheit des Rohwassers ebenfalls 2007 stillgelegt.

Die bisherige Stilllegung von kleineren Wasserwerken in Frankfurt am Main, mit einer nutzbaren Wassermenge von ca. 2,0 Mio. m<sup>3</sup>/a, hat nicht zu einer grundsätzlichen Änderung der Beschaffungsstruktur für Frankfurt am Main geführt. Diese Menge wird durch die infiltrationsgestützten Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald vollumfänglich substituiert (siehe Kap. 5.1 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen).

Der in der Zeit des „Wirtschaftswunders“ stetig steigende Trinkwasserbedarf in Kombination mit einer Folge von Trockenjahren verursachte trotz der Bemühungen der Stadt Frankfurt am Main, den Trinkwasserbedarf durch die verstärkte Nutzung lokaler Ressourcen abzudecken, weiterhin Handlungsbedarf bei der Erschließung neuer Ressourcen zur Trinkwassergewinnung in der Region. Das Land Hessen begann Ende der 1950er-Jahre mit der Arbeit an einem Konzept zur langfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung des Ballungsraums (Sonderplan Wasserversorgung Rhein-Main, 1967) [57]. Im August 1962 wurde mit politischer Unterstützung durch das Land der Wasserverband Gruppenwasser-

werk Ried – Vorläufer der heutigen Riedwerke Kreis Groß-Gerau – gegründet. Innerhalb von zwei Jahren wurden eine 35 km lange Trinkwassertransportleitung, die WW Dornheim und Allmendfeld sowie eine Behälteranlage in Rüsselsheim-Haßloch errichtet. Bereits im August 1964 konnte eine Trinkwasserlieferung in Richtung Frankfurt am Main in Betrieb genommen werden. Die Anlagen werden heute von Hessenwasser betrieben.

Zeitgleich hatte im Jahr 1963 die Stadt mit mehreren benachbarten Kreisen den Wasserverband Kinzig ins Leben gerufen. Dessen Gewinnungsanlagen liegen in Brachtal-Neuen-schmidten und in Birstein-Kirchbracht.

Im Jahr 1968 wurde der Wasserbezug aus dem Hessischen Ried für die Stadt und den Ballungsraum durch die Inbetriebnahme des WW Jägersburg des 1957 gegründeten Wasserbeschaffungsverbandes Riedgruppe Ost gesteigert.

Zu Beginn der regionalen Wassergewinnung im Ried lag die Priorität vor allem auf der Versorgungssicherheit. Anfang der 1970er-Jahre wurde jedoch zunehmend deutlich, dass die Grundwasserentnahme die natürliche Grundwasserneubildung in Trockenperioden deutlich überstieg. Mit Gründung des Wasserverbandes Hessisches Ried im Jahr 1979, der Inbetriebnahme der Rheinwasseraufbereitungsanlage 1989 und dem sukzessiven Ausbau der Infiltrationsanlagen zur Grundwasseranreicherung konnte die Wassergewinnung im Hessischen Ried unabhängig von der natürlichen Grundwasserneubildung zunehmend ökologisch verträglich und nachhaltig gestaltet werden [58].

Als Folge des Trockenjahres 1976 wurde im Jahr 1978 auf Initiative der Hessischen Landesregierung die Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM) gegründet. Die WRM bündelt die Expertise von Wasserbehörden, Verbänden und Institutionen sowie die der wichtigsten südhessischen Wasserbeschaffungsunternehmen. Zielsetzung war es, eine Koordinierungsplattform für die Entwicklung zukunftsfähiger Konzepte und Handlungsstrategien zur Wasserbeschaffung für den Ballungsraum Rhein-Main zu schaffen. Wesentliche Meilensteine regionaler Wasserplanung wurden durch die WRM erarbeitet und werden kontinuierlich fortgeschrieben, wie z. B. die „Leitungsverbundstudie“ (1982), die „Wasserbilanz Rhein-Main“ (1992) oder die „Situationsanalyse zur Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region“ (2013/2016). Gründungsmitglied der WRM war auch die Stadt Frankfurt am Main bzw. deren Eigenbetrieb Stadtwerke Frankfurt am Main.

In der WRM wurden auch wesentliche Grundlagen für die Gründung von Hessenwasser erarbeitet. Hessenwasser wurde 2001 durch den Zusammenschluss der Wassersparten der drei Gründungsgesellschaften Mainova (Frankfurt am Main), Südhessische Gas und Wasser AG, heute ENTEGA AG (Darmstadt), und Riedwerke Kreis Groß-Gerau (Groß-Gerau) gegründet. 2004 hat sich die ESWE Versorgungs AG (Wiesbaden) durch Einbringung der Wasserversorgungssparte als vierter Gesellschafter an Hessenwasser beteiligt.

Hessenwasser stellt jährlich rund 110 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser für fast 2,4 Mio. Menschen in der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main bereit [55].

### 3.2 Übersicht der öffentlichen Trinkwasserversorgung

Das kommunale Gemeinschaftsunternehmen Hessenwasser ist für die Beschaffung und Bereitstellung des Trinkwassers für Städte, Kommunen und Weiterverteiler in der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main und die operative Trägerschaft für wesentliche Teile des technischen Leitungsverbundes verantwortlich. Diese Aufgabenstellung umfasst die Wassergewinnung und Aufbereitung in eigenen Wasserwerken, den Wasserbezug von Dritten, den Transport und die Speicherung sowie das gesamte Spektrum wasserwirtschaftlicher Aufgaben. Der zur Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Südhessen erforderliche Mengenausgleich zwischen den Dargebotsgebieten und den großstädtischen Bedarfsräumen erfolgt über den technischen Leitungsverbund Rhein-Main, der im Kernbereich größtenteils durch Hessenwasser getragen wird.

Dazu zählt eine lokale und ortsnahe integrierte Ressourcenbewirtschaftung im Rahmen der wasser- und naturschutzrechtlichen Vorgaben, die Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit in ausreichender Menge und ausreichendem Druck sowie guter Wasserqualität. Angestrebt wird dabei eine so weit wie möglich naturnahe Aufbereitung des geförderten Rohwassers zu Trinkwasser in Verbindung mit einer zielgerichteten Grundwasserschutz- und Monitoringstrategie. Die Konzeption für eine zukunftsfähige, resiliente Versorgung mit Trink- und Betriebswasser erfolgt dabei auch unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte. Neben der Eigengewinnung bezieht Hessenwasser über Bezugsverträge zusätzliche Wassermengen zur Deckung des Wasserbedarfs in der Metropolregion.

#### 3.2.1 Öffentliche Trinkwasserversorgung

Frankfurt am Main nutzt in erheblichem Maße ortsnahe und zu großen Teilen örtliche Wasserressourcen. Eine Schemaskizze über die Struktur der Wasserversorgung im Großraum von Frankfurt am Main ist in Kap. 3.4 Wassertransport enthalten.

Die Stadt Frankfurt am Main wird über die vier Beschaffungsbereiche (BB) Frankfurt Nord, Stadtwald, Main-Kinzig und Hessisches Ried von Hessenwasser mit Trink- und Betriebswasser versorgt. Zur Betriebswasserversorgung betreibt Hessenwasser in Frankfurt am Main ein Flusswasseraufbereitungswerk am Main. Zu einem Großteil wird das aufbereitete Wasser für die Grundwasseranreicherung im Bereich der Trinkwassergewinnungsanlagen des Frankfurter Stadtwalds verwendet.

Den Beschaffungsbereichen (BB) sind die Wassergewinnungsanlagen von Hessenwasser und Bezugsmengen von Dritten zugeordnet [55]:

- Beschaffungsbereich: **Frankfurt Nord**
  - Wasserwerke:  
WW Praunheim II, WW Hattersheim
  - Bezugsmengen:  
Oberhessische Versorgungsbetriebe AG, ZV Unteres Niddatal
  
- Beschaffungsbereich: **Stadtwald**
  - Wasserwerke:  
WW Hinkelstein, WW Goldstein, WW Schwanheim, WW Oberforsthaus
  - Bezugsmengen:  
Keine
  
- Beschaffungsbereich: **Main-Kinzig**
  - Wasserwerke:  
WW Wirtheim, Spessart, Vogelsberg
  - Bezugsmengen:  
WV Kinzig, Stadtwerke Gelnhausen
  
- Beschaffungsbereich: **Hessisches Ried**
  - Wasserwerke:  
WW Dornheim, WW Allmendfeld, WW Pfungstadt, WW Eschollbrücken
  - Bezugsmengen:  
WBV Riedgruppe Ost

Die Bezugsmengen von Dritten stehen unter dem Vorbehalt, dass die Kommunen im eigenen Versorgungsgebiet der Lieferanten Vorrang haben, und berücksichtigen die ökologischen Gesichtspunkte in den dortigen Gewinnungsgebieten.

Teilmengen aus einigen Beschaffungsbereichen werden über den regionalen Leitungsverbund bereits innerhalb der Beschaffungsbereiche an dortige Kommunen abgegeben (z. B. BB Main-Kinzig) oder von Frankfurt am Main aus an die Taunuskommunen im Umland geliefert.

In Frankfurt am Main kann der Trinkwasserverbrauch von 54,3 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2018 nach den Trinkwasserlieferungen aus den Beschaffungsbereichen und des gewonnenen Grundwassers (natürlich versus angereichert) unterteilt werden. Den Beschaffungsbereichen von Hessenwasser ist der Trinkwasserbezug von Dritten zugeordnet (siehe Kap. 1.14 Verträge der öffentlichen Wasserversorgung und Mitgliedschaften). In der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht sich, dass ein Großteil des in Frankfurt am Main genutzten Trinkwassers aus natürlichem Grundwasser aus dem Beschaffungsbereich Frankfurt Nord inklusive OVAG und durch Betriebswasser angereichertem Grundwasser aus dem Stadtwald und aus dem Hessischen Ried gewonnen wird. 2018 bestanden rund 15 % des nach Frankfurt am Main gelieferten Trinkwassers aus Betriebswasser. Als Betriebswasser wird aufbereitetes

Oberflächenwasser aus dem Main und dem Rhein bezeichnet, das über Infiltrationsanlagen zur Grundwasseranreicherung genutzt wird [60].

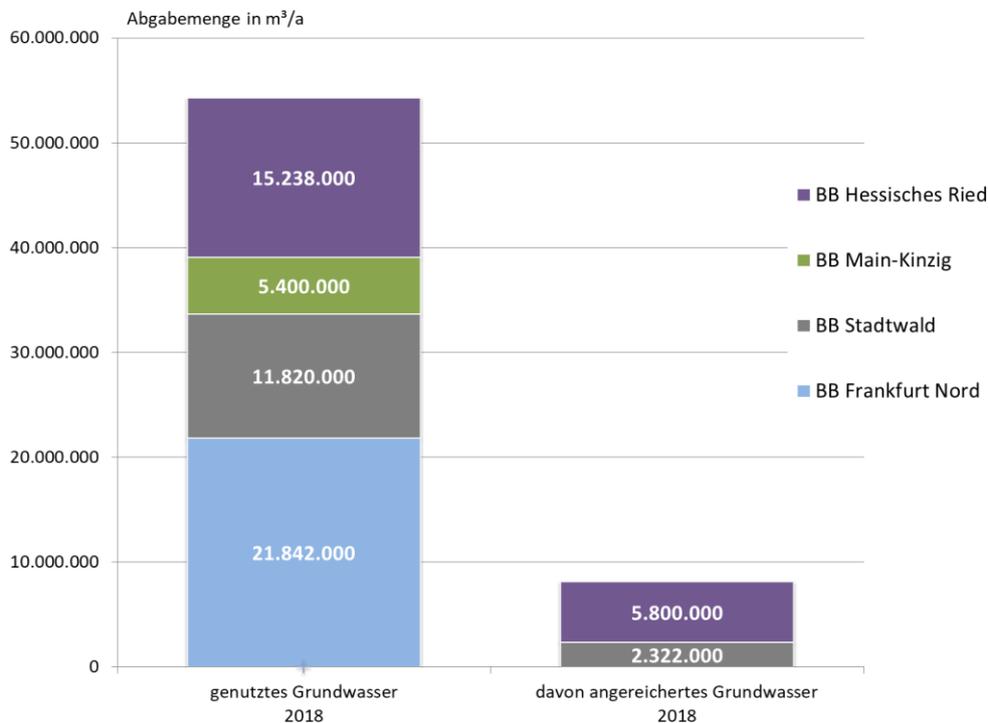


Abb. 9: Trinkwasserverbrauch 2018 in Frankfurt am Main unterteilt nach den Lieferungen aus den Beschaffungsbereichen und der Art des Grundwassers [60]

Hessenwasser steuert aktiv die Infiltration von aus Oberflächenwasser aufbereitetem Betriebswasser zur Grundwasseranreicherung in Abhängigkeit von den vorherrschenden Grundwasserständen. Im Rahmen des Integrierten Wasserressourcen-Managements erfolgt bei hohen Grundwasserständen die Infiltration von Betriebswasser nur in einem reduzierten Umfang, bei tiefen Grundwasserständen und hohen Bedarfsmengen erfolgt eine deutliche Erhöhung der Grundwasseranreicherungsmengen. Die aktive Steuerung der Grundwasserstände erfolgt im Einklang mit den Vorgaben der Wasserrechtsbescheide sowie den Regelungen des Grundwasserbewirtschaftungsplans Hessisches Ried im Sinne einer ökologischen Wassergewinnung.

Mit der erfolgreichen Umsetzung der Strategien zur umweltschonenden Wassergewinnung im Vogelsberg und der konsequenten Einführung der effizienten aktiven Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried und im Stadtwald gelingt es mithilfe einer abgestimmten, flexiblen und bedarfsgerechten Nutzung der Dargebotsregionen über den regionalen Trinkwasserleitungsverband und in Ergänzung durch die ortsnahe Gewinnungsanlagen, die Wasserversorgung nachhaltig und zuverlässig zu betreiben.

Zur Deckung des Trinkwasserbedarfs in der Rhein-Main-Region verfügt Hessenwasser über Wasserrechte von mehr als 100 Mio. m<sup>3</sup>/a [55]. Aufgrund der auf die Rhein-Main-Region ausgerichteten regionalweiten Gewährleistung der Versorgungssicherheit erfolgt von Hessenwasser ein übergreifendes Ressourcenmanagement der Wassergewinnung mit einer flexiblen Nutzung vorhandener Gewinnungsanlagen inklusive Trinkwasserbezug, mit Ausgleichsmöglichkeiten über den regionalen Leitungsverbund. Dieses Ressourcenmanagement erfolgt unter Beachtung rechtlicher, technischer, wasserwirtschaftlicher, ökologischer und ökonomischer Rahmenbedingungen und Vorgaben. Die zukünftig zur Abdeckung des ansteigenden Wasserbedarfs erforderliche Wassermenge kann auch unter Berücksichtigung notwendiger Vorhaltereserven weitestgehend im Rahmen der vorhandenen Wasserrechte dargestellt werden.

### 3.2.2 Nichtöffentliche Trinkwasserversorgung

Über 99,9 % der Bevölkerung von Frankfurt am Main werden über das zentrale öffentliche Leitungsnetz mit Trinkwasser versorgt. Hauptsächlich abgelegene und mit unwirtschaftlichem Aufwand anzuschließende Liegenschaften decken den Trinkwasserbedarf aus Kleinanlagen zur Eigenversorgung. Der Betrieb dieser Anlagen zur Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung des Trinkwassers ist beim Gesundheitsamt gemäß § 13 TrinkwV [8] anzuzeigen. Im gesamten Stadtgebiet sind dem Gesundheitsamt 70 Kleinanlagen gemeldet, mit denen ca. 230 Einwohner\*innen versorgt werden [59].

Zu beachten ist, dass die Anzahl der versorgten Einwohner\*innen nur als grobe Schätzung anzusehen ist, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass nicht alle Einwohner\*innen beim Einwohnermeldeamt angemeldet sind bzw. nach der Meldung beim Gesundheitsamt Änderungen erfolgten.

### 3.3 Wasserwerke der öffentlichen Trinkwasserversorgung

In Frankfurt am Main betreibt Hessenwasser die Wasserwerke Hinkelstein, Goldstein, Schwanheim, Oberforsthaus und Praunheim II. Das WW Oberforsthaus ist aus Gründen der Grundwasserbewirtschaftung – hohe Belastungen des Grundwassers mit Pestizidwirkstoffen und deren Metaboliten – und aus versorgungstechnischen Aspekten außer Betrieb. Das durch den Stillstand des WW Oberforsthaus verfügbare Dargebot wird teilweise durch eine erhöhte Beaufschlagung der östlichen Brunnen des WW Goldstein gefasst.

Die grundsätzliche Betriebsweise der Wasserwerke ähnelt sich sehr. Dem Grundwasserkörper wird Wasser über Brunnen entnommen. Das geförderte Rohwasser wird mittels einer Rohwasserleitung zu dem WW transportiert.

Hessenwasser betreibt auf dem Stadtgebiet 60 Brunnen mit einer Förderleistung von ca. 110.000 m<sup>3</sup>/d. Diese sind über Rohwasserleitungen mit einer Gesamtlänge von ca. 12.800 m an die Wasserwerke angeschlossen. Dort wird das geförderte Rohwasser mittels naturnaher Aufbereitungsverfahren (Enteisung bzw. Entmanganung) zu Trinkwasser aufbereitet. Zur Aufbereitung stehen Anlagenkapazitäten von ca. 91.000 m<sup>3</sup>/d zur Verfügung [60].

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

Die Differenz zwischen Fassungskapazität und Aufbereitungskapazität ist technisch bedingt. Nicht alle Brunnen werden gleichzeitig betrieben, da deren Betrieb auch vom Grundwasserstand im Fördergebiet abhängig ist. Instandhaltungsarbeiten einzelner Brunnen werden im laufenden Betrieb des WW durchgeführt, sodass dadurch nie die gesamte Förderleistung zur Verfügung stehen kann.

Bei den Angaben der technischen Leistungsfähigkeit ist zu berücksichtigen, dass das WW Schwanheim über keine Aufbereitungsanlage verfügt. Die geförderten Rohwassermengen werden den WW Hinkelstein und Goldstein zur Aufbereitung zugeführt.

Die Aufbereitungsprozesse zwischen dem WW Hinkelstein auf der einen Seite und den WW Goldstein, Oberforsthaus und Praunheim II auf der anderen Seite unterscheiden sich durch den Einsatz von Aktivkohle am Ende des Aufbereitungsprozesses. Die Filtration über Aktivkohle dient zur Entfernung organischer Spurenstoffe. Exemplarisch erfolgt hier die Darstellung der Verfahrensschritte zur Aufbereitung im WW Goldstein.

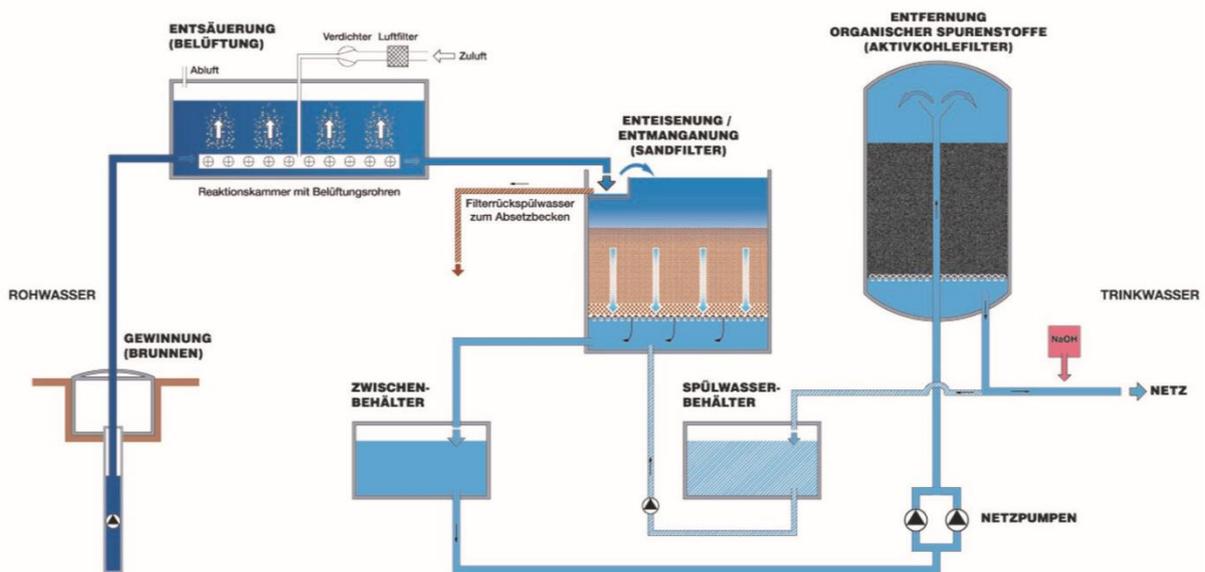


Abb. 10: Aufbereitungsschema Wasserwerk Goldstein mit Aktivkohle [60]

Das Trinkwasser wird in Tief- und Hochbehältern zwischengespeichert, bevor es mit Netzpumpen in das Transport-/Haupt- und Verteilnetz eingespeist wird.

Außerhalb von Frankfurt am Main werden von Hessenwasser zur Versorgung der Stadt zusätzlich 79 Brunnen mit einer Fassungskapazität von ca. 285.000 m<sup>3</sup>/d inklusive des WW Hattersheim betrieben. Diese sind über Rohwasserleitungen mit einer Länge von ca. 58 km an die Aufbereitungsanlagen angeschlossen. Die gesamte Aufbereitungskapazität der

Wasserwerke außerhalb von Frankfurt am Main, die zur Versorgung der Stadt (mit-)genutzt werden, beträgt ca. 195.000 m<sup>3</sup>/d [60].

### 3.3.1 Tagesspitzenwasserbedarf

In Abhängigkeit von den Jahreszeiten und dem Wochen- und Tagesgang schwankt der Trinkwasserbedarf von Frankfurt am Main. Der Tagesspitzenbedarf ist uneinheitlich und abhängig von der Einwohnerdichte (E/ha) in den Stadtteilen (siehe Kap. 2.1.6 Bevölkerung). Fehlender Niederschlag und hohe Lufttemperaturen lassen den Spitzenwasserbedarf insbesondere in Zeiten außerhalb der Schulferien steigen. Unterhalb einer Temperaturschwelle von z. B. 20 °C steigt der Wasserbedarf nur langsam an. Der Tagesspitzenbedarf erhöht sich, wenn sehr hohe Temperaturen mit fehlenden Niederschlägen über mehrere Tage zusammenfallen.

Anlagen für Wassergewinnung, Wasseraufbereitung, Wasserspeicherung und Wassertransport werden gemäß Regelwerk auf Tagesspitzen bemessen. In der Ermittlung des Spitzen- und Trockenjahresbedarfs werden die voraussichtlichen zukünftigen klimatischen Entwicklungen berücksichtigt. Die Erfahrungen der heißen und trockenen Sommerhalbjahre 2018 und 2019 bestätigen diesen Ansatz.

Im Mittel lag der Wasserbedarf von Frankfurt am Main bei 144.344 m<sup>3</sup>/d bzw. 193.504 m<sup>3</sup>/d in der Spitze. Unberücksichtigt ist die Abgabemenge von Hessenwasser an Dritte im Gebiet der Stadt Frankfurt am Main, die im Mittel ca. 4.000 m<sup>3</sup>/d, maximal ca. 8.000 m<sup>3</sup>/d beträgt [61]. Ausgelegt ist das Wasserverteilnetz von Frankfurt am Main auf einen Spitzenlastfall von ca. 16.000 m<sup>3</sup>/h bzw. 384.000 m<sup>3</sup>/d (siehe Kap. 3.5 Wasserverteilung) [65].

In der nachfolgenden Abbildung ist deutlich erkennbar, dass die anhaltende Trockenheit und die hohen Temperaturen dazu führten, dass die mittlere Tagesabgabe 2018 bereits von April bis Anfang Oktober überschritten wurde. Innerhalb dieses Zeitraumes wurde nur bei singulären Ereignissen die mittlere Tagesabgabe unterschritten. Die Wassergewinnungsanlagen im Beschaffungsbereich Stadtwald und das WW Praunheim II im Beschaffungsbereich Frankfurt Nord dienen neben einer gewissen Grundlastabdeckung vor allem zur Abdeckung von Bedarfsschwankungen und Bedarfsspitzen.

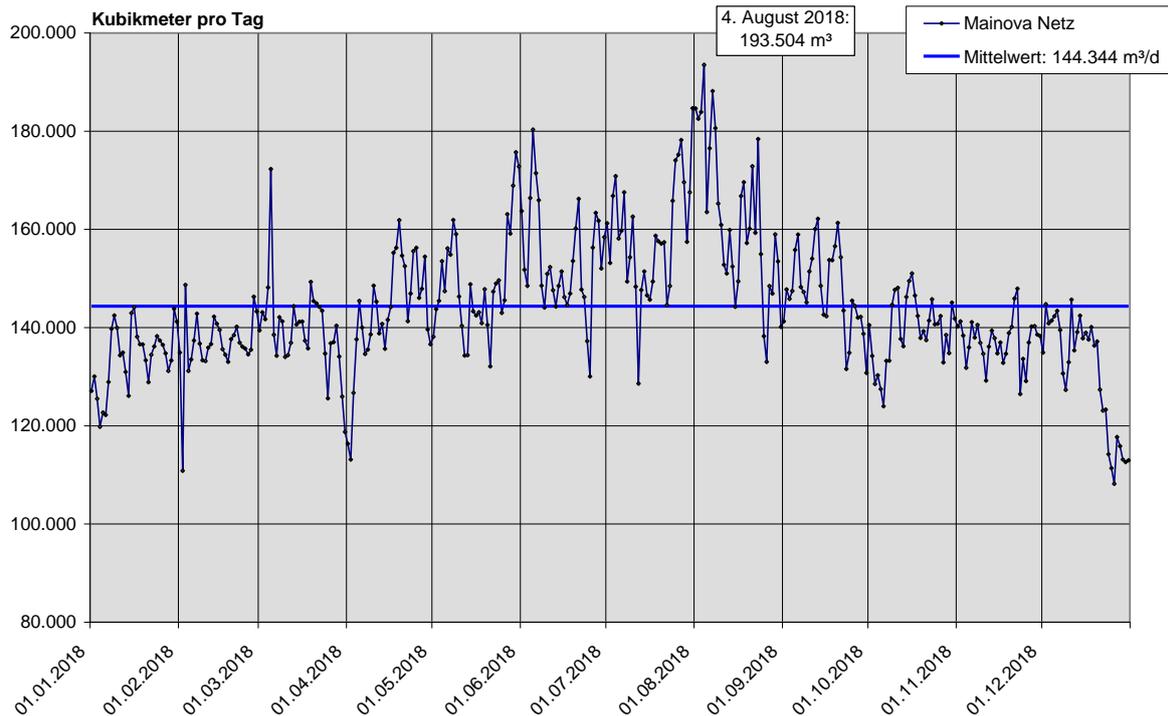


Abb. 11: Tageswerte des Wasserverbrauchs in Frankfurt am Main 2018 [61]

### 3.3.2 Infiltrationsgestützte Trinkwasserversorgung

Zur Infiltration wird aus dem Main Oberflächenwasser entnommen, aufbereitet und im Vorfeld der Gewinnungsanlagen im Frankfurter Stadtwald versickert. Die Infiltration dient zur Stabilisierung der Grundwasserstände, zur Erhöhung des natürlichen Dargebots und außerdem zum qualitativen Schutz des Grundwassers. Im Grundwasserzustrom der Trinkwassergewinnungsanlagen im Frankfurter Stadtwald befinden sich zahlreiche Gefährdungspotenziale, die zum großen Teil Einfluss auf die Grundwasserqualität nehmen. Die gezielte und auf die örtliche Situation angepasste Grundwasseranreicherung mit aufbereitetem Mainwasser führt zu einer Abdrängung von Schadstoffzonen (Schutzinfiltration) bzw. zu einer Verdünnung problematischer Grundwasserinhaltsstoffe (siehe Kap. 3.6.4 Beschaffenheit Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser). Hessenwasser betreibt seit 1959 das Flusswasseraufbereitungswerk am Main [60].

Das Mainwasser wird im Stadtteil Niederrad linksmainisch bei Flusskilometer 30,3 aus der fließenden Welle etwa 1,5 m unterhalb der Wasseroberfläche entnommen und zu Betriebswasser aufbereitet. Das Betriebswasser durchläuft mehrere Aufbereitungsschritte. Dazu gehört die mechanische Vorreinigung, die Voroxidation mittels Kaliumpermanganat, der Einsatz von Flockungs- und Flockungshilfsmitteln (Aluminiumsulfat, aktivierte Kieselsäure), um Partikel und flockbare Inhaltsstoffe zu aggregieren. Die Flockungsprodukte werden in Kies- und Sandfiltern abfiltriert, gleichzeitig wird auf diesen Filtern Ammonium biologisch oxidiert. Als Abschluss der Aufbereitung erfolgt eine Filtration über Aktivkohle zur adsorptiven Elimination organischer Inhaltsstoffe [60].

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

Der mittlere Abfluss des Mains lag im Jahr 2018 bei  $156 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer Schwankungsbreite von  $29\text{--}685 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hessenwasser entnimmt im Mittel, berechnet auf die Jahresentnahmemenge der Mainwasseraufbereitungsanlage (MWA) im Jahr 2018 dem Main  $3,37 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$  bzw. ca.  $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die 2018 gemessene niedrigste Abflusspende des Mains lag bei  $29 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die geringe Oberflächenwasserentnahme hat somit keinerlei Auswirkungen auf das Abflussverhalten des Mains. Verbunden mit der Stauregulierung des Mains ist nicht zu erwarten, dass bei länger anhaltenden Trockenperioden die Entnahme eingeschränkt ist bzw. durch einen abgesenkten Wasserspiegel das technische Fassungsorgan eine nicht mehr ausreichende Überdeckung zur Entnahme aufweist [60].

Das aufbereitete Oberflächenwasser wird von Hessenwasser als Betriebswasser an Dritte (siehe Kap. 4.1.4 Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main) und zur Grundwasseranreicherung im Stadtwald eingesetzt. Im Jahr 2018 wurde Mainwasser in einer Größenordnung von  $2,33 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$  zur Infiltration eingesetzt. Dies entspricht ca. 70 % der tatsächlichen Mainwasserentnahme [60]. Das im Rahmen der Betriebswassernutzung von Dritten eingesetzte aufbereitete Oberflächenwasser wird in anderer Form dem Wasserkreislauf wieder zugeführt. Eine schematische Darstellung der notwendigen Anlagenteile zur Entnahme des Oberflächenwassers bis hin zum Infiltrationspunkt inklusive der dazu notwendigen Aufbereitung des Oberflächenwassers erfolgt in den nächsten Abbildungen.

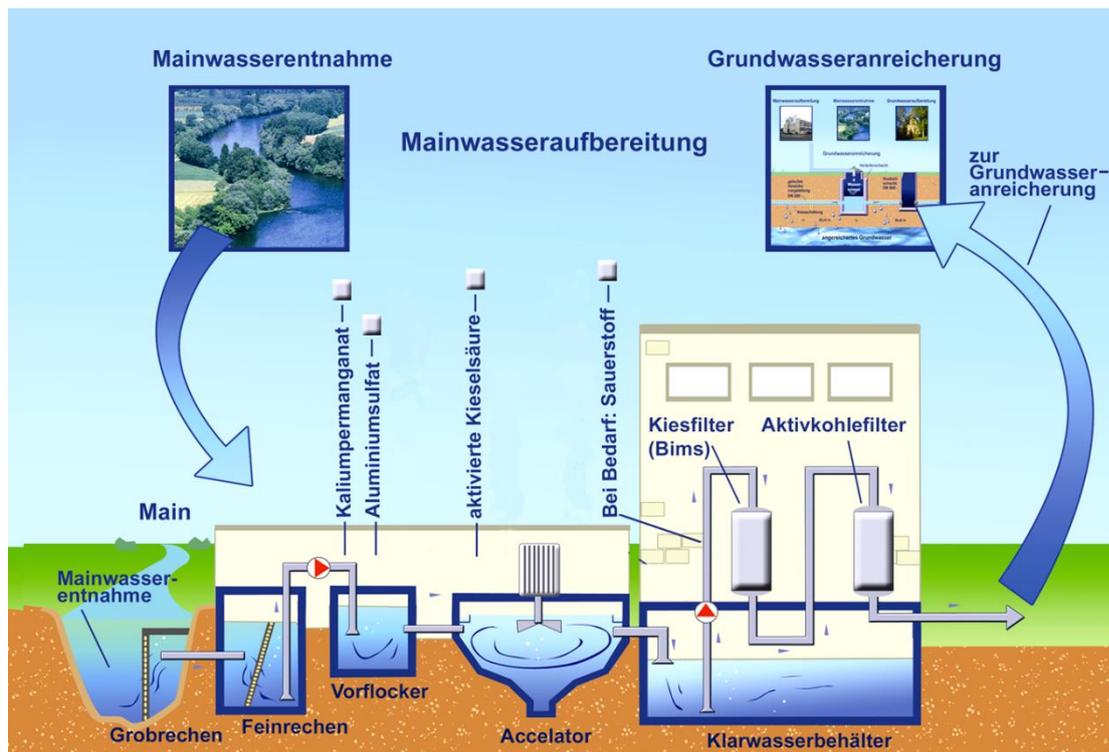


Abb. 12: Mainwasserentnahme und -aufbereitungsanlage [60]



Abb. 13: Grundwasseranreicherung im Stadtwald [60]

Zur Grundwasseranreicherung werden an drei Infiltrationsstandorten im Vorfeld der Wasserwerke (Hinkelstein, Goldstein, Oberforsthaus) 15 Infiltrationsorgane betrieben. Dazu zählen auch der Tiroler Weiher und der Kelsterbacher Graben. Durch den Betrieb der MWA erfolgt, neben der Abgabe von Betriebswasser an Dritte, eine indirekte Trinkwassersubstitution durch die Infiltration von Betriebswasser. Gemäß der hinterlegten Infiltrationsleistung im Stadtwald wird die Entnahme natürlichen Grundwassers um den Anteil der Infiltration reduziert. Dem bestehenden Wasserrecht entsprechend kann im Vorfeld der WW Hinkelstein, Goldstein und Oberforsthaus aufbereitetes Mainwasser in einer Menge von bis zu 9,1 Mio. m<sup>3</sup>/a angereichert werden. Mit Betriebswasser werden der Tiroler Weiher und die Amphibienteiche Ahornschneise und Kiesschneise im Frankfurter Stadtwald beschickt. Durch die Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser können ca. 25 % des natürlich gebildeten Grundwassers eingespart werden [60].

Die Infiltration von aufbereitetem Rheinwasser im Hessischen Ried erfolgt seit 1989 durch den Wasserverband Hessisches Ried (WHR) in Biebesheim. Der WHR betreibt zur Grundwasseranreicherung ein Rheinwasseraufbereitungswerk, einen Wasserbehälter mit 2 Kammern zu je 5.000 m<sup>3</sup>, ein Leitungsnetz für Roh-, Infiltrations- und Beregnungswasser und 4 Infiltrationsstandorte mit 55 Infiltrationsorganen und 230 Infiltrationsbauwerken zur Grundwasseranreicherung [62].

Gemäß den bestehenden Wasserrechten für die Infiltrationsanlagen des WHR kann im Vorfeld der Gewinnungsanlagen von Hessenwasser im Hessischen Ried aufbereitetes Rheinwasser in einer Menge von bis zu 40,7 Mio. m<sup>3</sup>/a angereichert werden. Durch die

Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser des Rheins werden bis zu 50 % des natürlich gebildeten Grundwassers eingespart [62].

Die Gesamtlänge der Leitungssysteme, die zur Grundwasseranreicherung und für die Einleitung zum Zweck des Erhalts von Amphibiengewässer betrieben werden, beträgt im Stadtwald ca. 27 km [60]. Der WHR betreibt zur Grundwasseranreicherung ein Leitungsnetz von ca. 44 km [62]. Die in den Leitungsnetzen eingesetzten Betriebsmittel sind in der nachfolgenden Tabelle dokumentiert.

Betriebsmittel	Hessenwasser	WHR
	Anzahl	Anzahl
Hydranten (Unterflur)	17	10
Absperrarmaturen	153	285
Be- und Entlüfter	15	50
Druckerhöhungsanlagen	1	4
Druckminderungsanlagen	–	–
Schächte	18	74
<b>Gesamt</b>	<b>204</b>	<b>423</b>

Tab. 3: Technische Betriebsmittel im Infiltrationsnetz von Hessenwasser und des Wasserverbandes Hessisches Ried [60] [62]

Das an die MWA angeschlossene Leitungsnetz zur Infiltration, zur Einleitung für den Erhalt von Amphibiengewässer und zur Abgabe von Betriebswasser an Dritte ist einerseits auf die erforderlichen Mengenkonzeppte der Grundwasserbewirtschaftung im Frankfurter Stadtwald und andererseits auf die erforderlichen Mengenkongimente der Abnehmer von Betriebswasser ausgelegt. Zum Transport des Betriebswassers wurden bereits vorhandene Trinkwasserleitungen aus früheren Zeiträumen in ihrer Nutzung umgewidmet. Dies spiegelt sich an dem Anteil der Graugussrohre, die ein Alter von 55 bis ca. 145 Jahre aufweisen, von ca. 51 % am Gesamtbestand wider. Die geringe Schadensrate an diesen Rohren führt dazu, dass Hessenwasser noch einen hohen Anteil an Leitungen mit diesem Material betreibt. Im Rahmen der Inbetriebnahme wurden in Abhängigkeit von Lage und Mengenanforderungen an die neuen Leitungsabschnitte unterschiedliche Materialien verbaut. Duktile Gussrohre haben einen Anteil von 2 %. Der Anteil von Betriebswasserleitungen aus Stahl liegt bei ca. 11 %, aus PE und PVC im mittleren einstelligen Prozentbereich [60].

Das Leitungsnetz zur Grundwasseranreicherung, zur Einleitung für den Erhalt von Amphibiengewässer und zur Abgabe von Betriebswasser an Dritte im Frankfurter Stadtwald hat ein längengewichtetes Alter von rund 58 Jahren und besitzt somit noch eine mittlere Restlebensdauer [60].

## 3.4 Wassertransport

Zur Bereitstellung von Trinkwasser an den Übergabestellen zum Stadtnetz transportiert Hessenwasser das in den eigenen Gewinnungsanlagen erzeugte und von Dritten bezogene Trinkwasser an festgelegte Übergabestellen in der Stadt. Hierzu trägt in wesentlichen Teilen der technische Leitungsverbund zur Wasserversorgung der Rhein-Main-Region bei, der überwiegend in operativer Trägerschaft durch Hessenwasser verantwortet wird. Teilweise nutzt Hessenwasser hierfür im Stadtnetz Leitungen von Mainova.

Den Betrieb des technischen Leitungsverbundes und der daran angeschlossenen Gewinnungsanlagen erfolgen unter Beachtung rechtlicher, ökologischer, klimatischer und ökonomischer Faktoren.

Der Betrieb des technischen Leitungsverbundes gewährleistet

- die regionalweite Versorgungssicherheit,
- die regionale Optimierung der Wassergewinnung durch alternative und flexible Nutzung verschiedener Gewinnungsanlagen und Ausgleich über den Verbund sowie
- die integrierte regionale Ressourcenbewirtschaftung.

In der nachfolgenden Abbildung wird der technische Leitungsverbund im Großraum der Stadt Frankfurt am Main schematisch dargestellt.

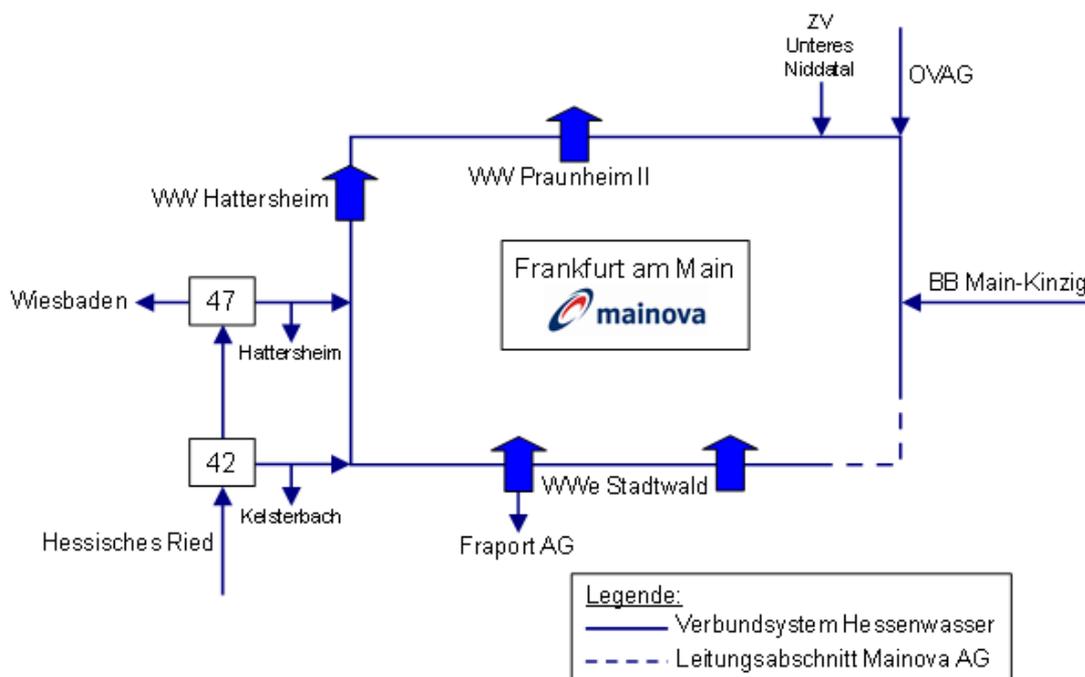


Abb. 14: Schema des Wassertransports von Hessenwasser im Großraum der Stadt Frankfurt am Main [61]

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

---

Der Frankfurter Flughafen wird über die Südleitung mit Trinkwasser aus dem Hessischen Ried und durch das WW Hinkelstein versorgt.

Zur Versorgung von Frankfurt am Main betreibt Hessenwasser ein historisch gewachsenes Wassertransportnetz in einer Länge von ca. 203 km mit Dimensionen in DN 200 bis DN 1.300. Die Länge des Wassertransportnetzes aufgeschlüsselt auf die Beschaffungsbereiche ist aus der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen [60].

<b>Beschaffungsbereiche</b>	<b>Länge Transportleitung bis Übergabestelle</b>
Frankfurt Nord BW 47 bis WB Heiligenstock und WB Friedberger Landstraße	54.334 m
Stadtwald BW 42 bis WB Sachsenhausen und andere Übergabestellen in der Stadtmitte	43.625 m
Hessisches Ried WW Allmendfeld bis BW 47	44.500 m
Main-Kinzig WW Wirtheim bis Fechenheim bzw. Einspeisung Nieder-Erlenbach	60.210 m
<b>Gesamt</b>	<b>202.669 m</b>

Tab. 4: Länge Zuleitung und Transportleitung von Hessenwasser [60]

In der nachfolgenden Abbildung wird das Wassertransportnetz für Frankfurt am Main dargestellt.

# WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

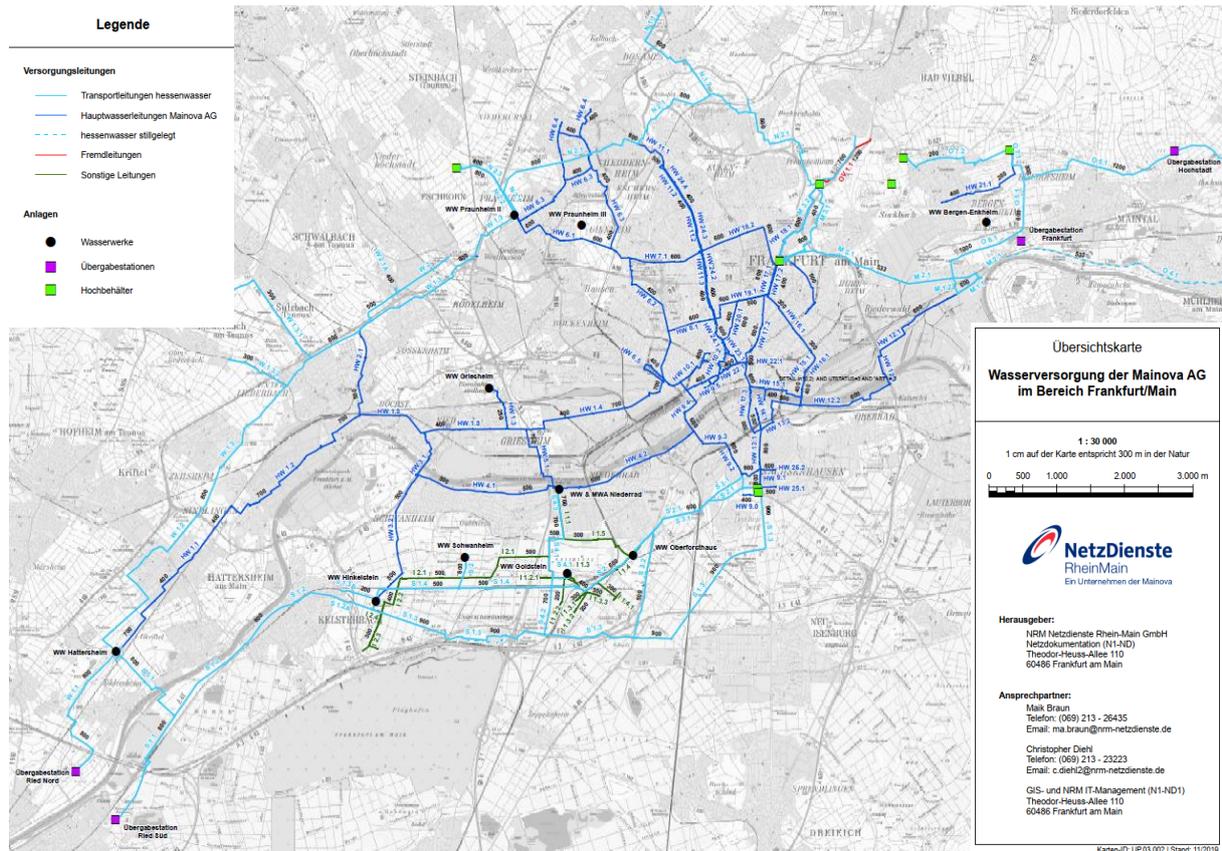


Abb. 15: Wassertransportnetz in Frankfurt am Main [67]

Im Wassertransportnetz von Hessenwasser werden zur Versorgung von Frankfurt am Main verschiedene technische Betriebsmittel, die in der nachfolgenden Tabelle dokumentiert sind, eingesetzt.

Betriebsmittel	Anzahl
Hydranten (Unterflur)	280
Wasserschieber/Klappen/Zonenabsperrschieber	2.278/618/48
Be- und Entlüfter	438
Druckerhöhungsanlagen	17
Druckminderungsanlagen	1
Schächte	471
<b>Gesamt</b>	<b>4.151</b>

Tab. 5: Technische Betriebsmittel im Wassertransportnetz von Hessenwasser [60]

Das durch große Nennweiten gekennzeichnete Transportnetz von Hessenwasser wurde seit den 1880er-Jahren in Intervallen gebaut. Je nach technischem Fortschritt wurden unterschiedliche Leitungswerkstoffe mit unterschiedlichen Nutzungsdauern eingesetzt. Zur nachhaltigen Anpassung und Rehabilitation des heterogenen Transportnetzes bedarf es belastbarer Informationen zum aktuellen Zustand der Infrastruktur. Zur Analyse und Bewertung des mittel- und langfristigen Erneuerungsbedarfs des bestehenden Systems wurde als systematischer Ansatz eine risikobasierte Instandhaltungsstrategie erstellt. Die gewachsene Altersstruktur und die zunehmende Auslastung der Anlagen und Netze durch sich ändernde Rahmenbedingungen erfordern den Bau zusätzlicher Leitungen, da die Kapazität bestehender Leitungen nicht ausreicht oder diese nicht für Sanierungsarbeiten außer Betrieb genommen werden können. Für den generationenübergreifenden Erhalt und Ausbau des Leitungsnetzes sind langfristige Planungen und Investitionen nötig [60].

Im Leitbildprozess des Landes zum Integrierten Wasserressourcen-Management Rhein-Main wird die Bedeutung des Verbundes wie folgt beschrieben: „Die Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region basiert auf einem Zusammenwirken zwischen örtlicher und regionaler Wassergewinnung. Die ergiebigen Wasservorkommen und die großen Wasserwerke der kommunalen Verbundunternehmen im Hessischen Ried und im Vogelsberg bilden neben einer Vielzahl von Wassergewinnungsanlagen der Kommunen das Rückgrat der öffentlichen Wasserversorgung in der Region“ [63].

### 3.5 Wasserverteilung

Das Wasserverteilnetz von Mainova ist technologisch und materiell engmaschig mit den Wassertransportnetzen verknüpft. Anpassungen der unterirdisch verlegten Leitungsinfrastruktur erfolgen sukzessive im Rahmen der Leitungserneuerung und gehen, bedingt durch die tatsächliche Nutzungsdauer der Leitungen, nur langsam voran. Um eine nachhaltige Lebensdauer der technischen Infrastruktur zu gewährleisten, ist das Leitungsnetz so aufgebaut, dass mit diesem unterschiedliche Lastereignisse abgedeckt werden können.

#### 3.5.1 Wasserverteilnetz

Die Rohrleitungen in einem Wasserverteilnetz werden nach ihrer Funktion in Hauptleitungen, die in der Regel ohne direkte Verbindungen zum Verbraucher sind und eine Hauptverteilungsfunktion erfüllen, und Verteilleitungen, von denen das Anschlussleitungsnetz abgeht, unterschieden. Die Anschlussleitungen enden an der Hauptabsperreinrichtung des Verbrauchers.

Das Trinkwasserverteilnetz erstreckt sich im Einzugsgebiet von Frankfurt am Main über eine Gesamtlänge von 2.051 km (Stand: Ende 2018). Die größten Dimensionen weist das Haupt- und Verteilnetz mit einer Gesamtlänge von 1.406 km (rd. 2/3 der Gesamtnetzlänge) auf. Das Anschlussleitungsnetz ist 645 km lang und versorgt insgesamt 64.694 Hausanschlüsse und damit rund 750.000 Einwohner\*innen mit Trinkwasser [65]. Die Abwasserkanalisation der Stadt umfasst nach den Angaben des Hessischen Statistischen Landesamtes im Vergleich dazu eine Länge von 1.610 km [64].

In der folgenden Abbildung wird das Haupt- und Verteilnetz dargestellt.

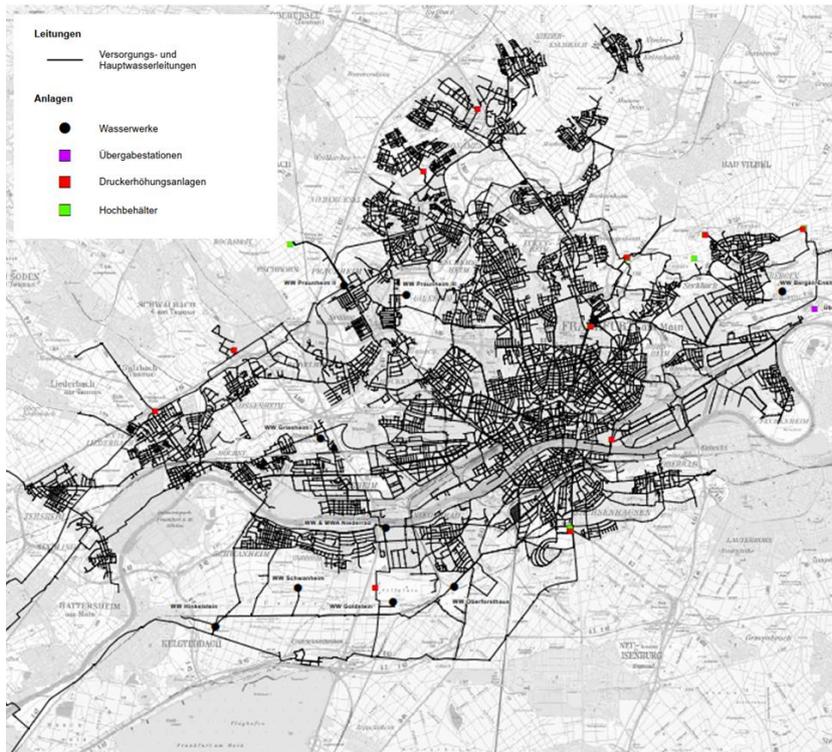


Abb. 16: Wasserhaupt- und -verteilnetz in Frankfurt am Main [67]

## 3.5.2 Auslegung Wasserverteilnetz

Die Auslegung des Wasserverteilnetzes erfolgt gemäß dem technischen Regelwerk des DVGW [10] und unter Beachtung des Spitzenlastfalls, des erhöhten Trinkwasserbedarfs von Großkunden und des Faktors Gleichzeitigkeit der eintretenden Effekte. Beim Spitzenlastfall wird von einem Bedarf von ca. 16.000 m<sup>3</sup>/h ausgegangen. Dieser Wert bildet die Grundlage für weitere Netzberechnungen und die Netzplanung [65]. In der Netzplanung wird zusätzlich die Fließgeschwindigkeit, die Verweildauer des Trinkwassers im Leitungssystem und der Bedarf im Löschwasserfall [6] berücksichtigt.

Um zu jeder Tageszeit und an jeder Stelle des Stadtgebietes den erforderlichen Wasserdruck gewährleisten zu können, ist das Wasserverteilnetz in 10 Druckzonen mit unterschiedlichen Druckverhältnissen unterteilt. Bei der Zusammenführung der Druckzonen wurden Erkenntnisse über die Rohrleitungsmaterialeigenschaften, betriebliche Belange und geodätische Gegebenheiten berücksichtigt. Die Verteilung der Druckzonen im Wasserverteilnetz der Stadt Frankfurt am Main kann aus der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

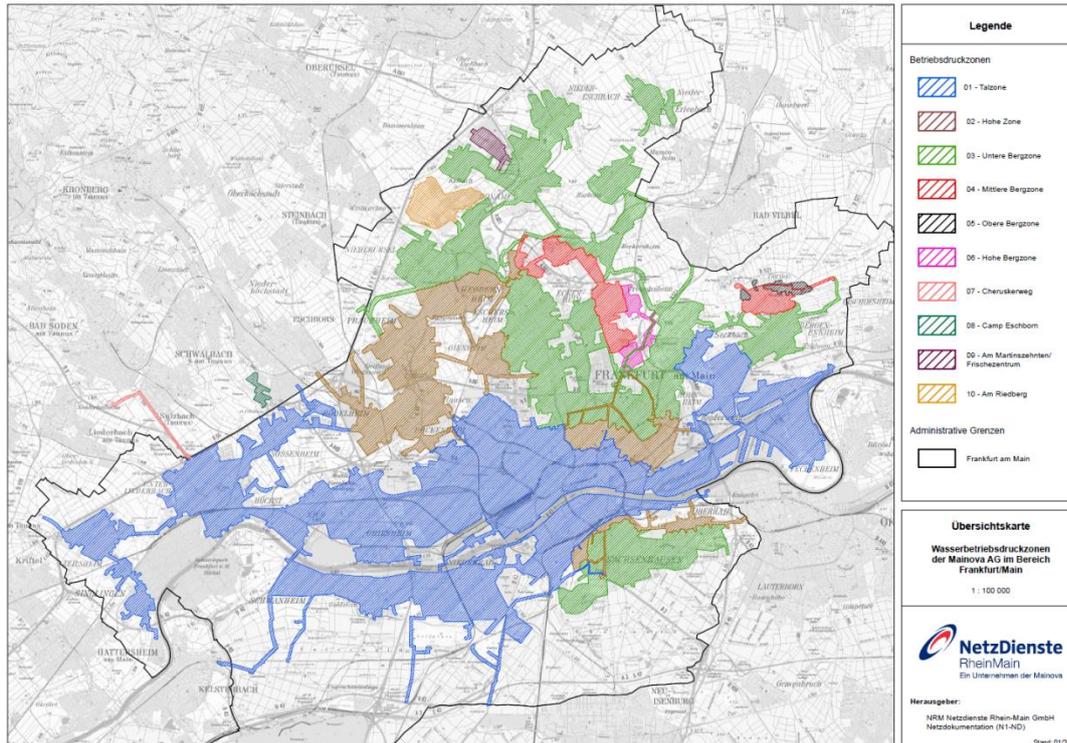


Abb. 17: Druckzonen im Wasserverteilnetz der Stadt Frankfurt am Main [67]

Das Trinkwasserverteilnetz weist durch seine hohe Redundanz und den für städtische Strukturen üblichen hohen Trinkwasserbedarf der Kunden weder nennenswerte Druckschwankungen noch besondere Stagnationen auf. Das Risiko einer Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität durch zu hohe Verweilzeiten (Stagnation, d. h. Fließgeschwindigkeit  $< 0,005$  m/s auf den durchschnittlichen Stundenverbrauch) besteht nicht [65].

### 3.5.3 Technische Ausstattung

Der älteste verbaute Werkstoff im Haupt- und Verteilnetz der Stadt Frankfurt am Main ist Grauguss (GG). Grauguss dominierte bis in die späten 1960er-Jahre den Leitungsbau. Mit einem Anteil von rund 31 % spielt es immer noch eine wichtige Rolle bei der Wahrung des Versorgungsauftrags, befindet sich jedoch im Rückbau bzw. wird durch moderne Werkstoffe im Rahmen der Rehabilitationsstrategie ausgetauscht.

Anfang der 1970er-Jahre wurde GG durch Rohrleitungen aus Duktulguss (GGG; GJS) abgelöst. Durch die hervorragenden mechanischen Eigenschaften (höhere Festigkeit) sowie längeren Nutzungsdauern war dieser Werkstoff wesentlich universeller einsetzbar und wirtschaftlicher als GG. Die Variationsvielfalt dieses Werkstoffs reicht von einfachen zementmörtel ausgekleideten Rohrleitungen bis zu modernsten Zink-Aluminium-GGG-Leitungen (GGGZnAl). Mit einem Anteil von rund 51 % stellt GGG den Hauptwerkstoff der Trinkwasserverteilung in Frankfurt am Main dar. Neben GG und GGG wurden in speziellen Fällen auch Stahl, PVC oder andere Werkstoffe im Leitungsbau verwendet, jedoch spielen diese in den zukünftigen Anforderungen eine untergeordnete Rolle.

Seit Mitte der 1990er-Jahre werden im Rohrleitungsbau moderne Kunststoffe benutzt. Aufgrund der sehr guten mechanischen Festigkeiten, der einfachen Verlegung und Verbindungsherstellung sowie einem „natürlichen“ Schutz gegen Korrosion (nicht wie GG und GGG, die umhüllt werden müssen) verdrängt das Polyethylen (PE) insbesondere im Neubau sukzessive das bewährte GGG als Rohrwerkstoff. Das Trinkwasserhaupt- und -versorgungsnetz in Frankfurt am Main hat heute einen Anteil von rund 9 % an PE-Leitungen mit steigender Tendenz.

Das Versorgungsnetz hat ein längengewichtetes Durchschnittsalter von rund 42 Jahren und besitzt somit eine relativ große Abnutzungsreserve bzw. eine hohe Restlebensdauer. Um diese Abnutzungsreserve in einem für Mainova definierten Maß zu halten, werden umfangreiche Schadensanalysen (werkstoff-, dimensions- und fertigungsjahrspezifisch) durchgeführt und auf Basis der Erkenntnisse Rehabilitationsstrategien erstellt, die regelmäßig geprüft und weiterentwickelt werden.

Im Anschlussleitungsbereich des Trinkwassernetzes war bis Mitte der 1990er-Jahre Stahl (St) der am häufigsten verwendete Werkstoff. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden 3 von 4 Hausanschlüssen in diesem Werkstoff verlegt. Vereinzelt wurde auch Duktilguss (Dimensionen  $\geq$  DN 80) sowie Grauguss als Rohrmaterial verwendet.

Im Zeitraum, in dem bei den Haupt- und Versorgungsleitungen das GGG langsam durch das PE ersetzt wurde, hat PE den stahlgebundenen Hausanschlussrohrbau revolutioniert. Im Zeitraum 1995 bis Ende 2018 wurden rund 238 km PE-Leitungen und lediglich 2 km Stahlleitungen verlegt. Heute hat der Werkstoff PE einen Anteil von rund 38 % und Stahl 34 % (fallende Tendenz). Duktilguss hat mit rund 11 % bei speziellen Anwendungen einen relativ hohen Anteil, wird aber bei zukünftig anstehenden Erneuerungen ggf. durch PE ersetzt.

Im Rahmen diverser Optimierungsmaßnahmen zur Reduzierung der Rohrnetzverluste wurde 2016 die Anwendung einer neuen „Rehabilitationsstrategie zur Einhaltung eines festgelegten Schadensniveaus“ verabschiedet, die zuletzt 2019 aktualisiert wurde. Der grundlegende Instandhaltungsprozess verbindet die langfristige Instandhaltungsstrategie mit der Mittel- und Kurzfristplanung als integriertes Asset-Management.

Die Erarbeitung der Rehabilitationsstrategie erfolgt auf Grundlage homogener Anlagen- und Leitungsgruppen und den dazugehörigen altersabhängigen Zustandsentwicklungen. So kann man aus dem Verlauf der Kurven entnehmen, dass der Bereich des steilen Anstiegs der Kurven den Zeitraum der notwendigen Erneuerung determiniert. Die technische Nutzungsdauer ist erreicht, sobald eine definierte Schadensrate dauerhaft überschritten ist. Diese Schadensrate resultiert aus einer Gesamtschadensanzahl für das Gesamtnetz und stellt bei Mainova die Rehabilitationsstrategie-Zielgröße dar [65].

### **3.5.4 Wasserbehälter, Druckerhöhungs-/Druckminderungsanlagen**

Der Wasserverbrauch in der Stadt ist nicht gleichmäßig und schwankt innerhalb einer Stunde, eines Tages und eines Jahres erheblich (siehe Kap. 3.3.1

Tagesspitzenwasserbedarf). Die Wasserbehälter haben die Aufgabe, die für die Wasserversorgung in dem jeweiligen Gebiet erforderliche Wassermenge für einen bestimmten Zeitraum vorzuhalten. Über die Wasserbehälter erfolgt ein Ausgleich zwischen Wassereinspeisung und ungleichmäßigem Wasserablauf. Sie dienen zum Abpuffern von Bedarfsspitzen, zur Brandbekämpfung, zur Aufrechterhaltung des Netzdruckes, zur Aufrechterhaltung eines gleichmäßigen Druckes in den einzelnen Druckzonen und zur Vorhaltung von Betriebsreserven bei Ausfall oder Unterbrechungen. Die Wasserbehälter sind erforderlich, da die Wasserwerke und die damit verbundenen Anlagenbestandteile für einen gleichmäßigen durchschnittlichen Verbrauch an Spitzentagen ausgelegt sind, der Spitzenbedarf wird über die Behälterkapazität abgepuffert.

Zur Versorgung der Stadt Frankfurt am Main stehen die in der nachfolgenden Tabelle aufgelisteten Behälter zur Verfügung.

Behälter	Anzahl	Behälterkammern	Behältervolumen
BB Frankfurt Nord	1	3	1.200 m <sup>3</sup>
BB Stadtwald	1	2	2.600 m <sup>3</sup>
BB Hessisches Ried	5	13	58.600 m <sup>3</sup>
BB Main-Kinzig	0	0	0 m <sup>3</sup>
Stadtgebiet	7	20	142.500 m <sup>3</sup>
<b>Gesamt</b>	<b>14</b>	<b>38</b>	<b>204.900 m<sup>3</sup></b>

Tab. 6: Technische Anlagen zur Speicherung von Trinkwasser in und außerhalb von Frankfurt am Main [60]

In den Rohrleitungen werden Schieber und Klappen eingesetzt, die zur Trennung von Rohrleitungsstrecken dienen. Diese sind in gesonderter Bauweise zur Abtragung der bei einer Trennung entstehenden Druckkräfte auszuführen. Hydranten sind zur Entnahme von Trinkwasser über ein Standrohr zu Feuerlöschzwecken oder für sonstige Benutzungen aus dem Trinkwassernetz bestimmt. Deren Lage und Entfernung ist mit der Feuerwehr abzustimmen. Be- und Entlüfter werden zum Luftaus- und Lufteintrag in das Rohrleitungssystem eingesetzt. Entlüfter dienen dazu, dass die in den Leitungen mitgeführte Luft, die bei Temperatur- und Druckänderungen aus dem Trinkwasser ausfällt oder durch betriebliche Störungen in die Rohrleitung gelangt, entweichen kann. Zur Vermeidung von Unterdruck im Rahmen von Leitungsentleerung werden Belüfter eingesetzt.

Druckerhöhungsanlagen befinden sich sowohl im Transportnetz von Hessenwasser als auch im Wasserverteilnetz von Mainova und haben die Aufgabe, das aus den Wasserwerken in das Rohrleitungssystem gepumpte Wasser innerhalb des Versorgungsgebietes so zu verteilen, dass es immer in ausreichendem Druck vorliegt.

Druckminderungsanlagen werden dort eingesetzt, wo das Rohrleitungssystem unter einem nicht zu überschreitenden Druck zu betreiben ist. Dies erfolgt in Bereichen, in denen ein tiefer liegendes System eine eigene Druckzone hat (siehe Kap. 3.5.2 Auslegung Wasserverteilnetz).

Zur innerstädtischen Verteilung des Trinkwassers werden im Anschlussnetz von Mainova folgende technische Betriebsmittel eingesetzt.

<b>Betriebsmittel</b>	<b>Anzahl</b>
Hydranten (Unterflur)	14.759
Wasserschieber/Klappen an Hauptnetzleitungen	1.055
Wasserschieber/Klappen an Verteilnetz- und Hausanschlussleitungen	102.655
Be- und Entlüfter	369
Druckerhöhungsanlagen	2
Druckminderungsanlagen	14
Schächte	133
<b>Gesamt</b>	<b>118.987</b>

Tab. 7: Technische Betriebsmittel im Wasserverteilnetz von Frankfurt am Main [65]

### 3.6 Roh- und Trinkwasserqualität

Die Netzdienste Rhein-Main GmbH (NRM) als Betriebsführerin des Trinkwasserverteilnetzes ist organisatorisch zuständig für die Gewährleistung der Trinkwasserqualität in der Stadt Frankfurt am Main. Hessenwasser ist von der Betriebsführerin NRM mit der Wasserqualitätsüberwachung im Verteilnetz beauftragt. Die Untersuchung erfolgt im Zentrallabor von Hessenwasser, das über die entsprechende Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025:2017 [84] und Zulassung verfügt. Als Betriebsführerin einer Wasserversorgungsanlage gemäß § 3 Abs. 2a TrinkwV ist NRM verantwortlich, dass das Trinkwasser an der Stelle, an der es in die Trinkwasserinstallation übergeben wird, den mikrobiologischen und chemischen Anforderungen der TrinkwV entspricht.

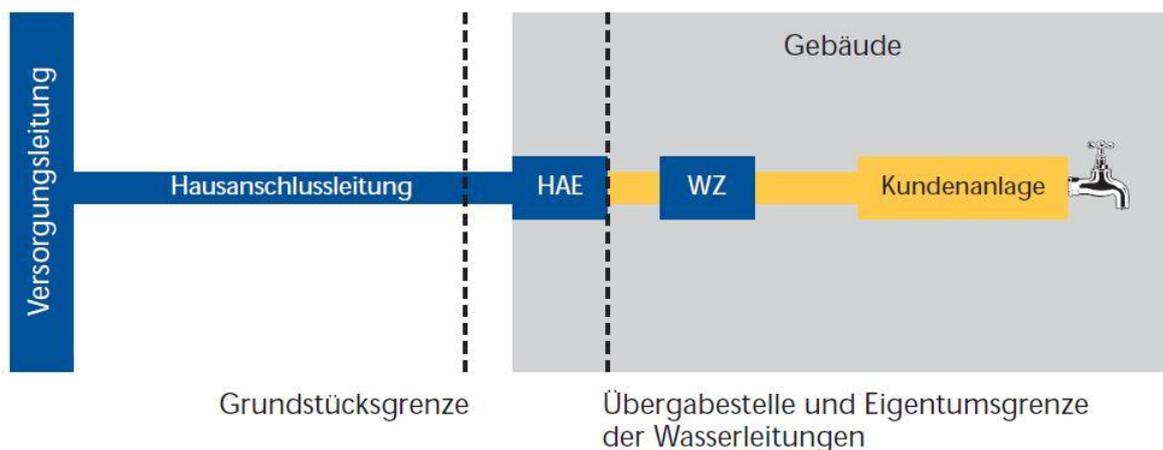
Die Untersuchung des Roh- und Trinkwassers erfolgt nach den Vorgaben der RUV [16] und der TrinkwV [8]. Trinkwasser im Sinne der TrinkwV ist alles Wasser im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, das zum Trinken, zur Zubereitung von Speisen und Getränken oder zu anderen häuslichen Zwecken wie Körperpflege und -reinigung, Spülen und Wäschewaschen bestimmt ist. Als Anforderungen an die Trinkwasserqualität bestehen insbesondere Grenzwerte für die mikrobiologischen, physikalischen bzw. physikalisch-chemischen und chemischen Parameter neben technischen Maßnahmenwerten und Parameterwerten für radioaktive Stoffe.

Neben den speziellen Anforderungen an die Qualität wird in der TrinkwV auch die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik bei der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung verlangt. Dahinter verbergen sich Normen und Regelwerke des DIN (Deutsches Institut für Normung) und des DVGW.

Zur Erfüllung der Anforderungen erfolgen neben der Endkontrolle des Trinkwassers am Wasserwerkaustrag eine umfassende Risikobewertung und systemische Untersuchungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Grundwasser, Rohwasser, Aufbereitung, Speicherung, Transport, Verteilung), um jederzeit eine einwandfreie Beschaffenheit an der Übergabestelle (Verantwortungsbereich) bis zum Verbraucher garantieren zu können.

Unabhängig von diesen Eigenkontrollen überwacht auch das Gesundheitsamt gemäß § 18 TrinkwV [8] regelmäßig die Qualität des Trinkwassers und die Einhaltung der Anforderungen.

Ab der Übergabestelle des Trinkwassers in die Trinkwasserinstallation privater oder öffentlicher Gebäude, formal nach der Hauptabsperrarmatur, de facto ab dem Wasserzähler, geht die Verantwortung für die Trinkwasserqualität auf den Hauseigentümer über. Die abgebildeten Verantwortlichkeiten gelten nur für Hausanschlüsse, die nach dem 01.01.2002 errichtet bzw. erneuert wurden. Im Rahmen der Erneuerung des Hausanschlusses war hierfür auch eine Eigentumsübertragung an Mainova erforderlich. Bei Hausanschlüssen, die vor dem 01.01.2002 eingerichtet und bisher nicht erneuert wurden, gilt, dass die Grundstücksgrenze auch der Eigentumsgrenze entspricht. In der nachfolgenden Abbildung werden die Verantwortungsbereiche dargestellt [66].



Mainova

HAE: Hauptabsperrereinrichtung

WZ: Wasserzähler

Kunde

Abb. 18: Verantwortlichkeiten im Sinne der Trinkwasserverordnung [66]

### 3.6.1 Überwachungskonzept für Roh- und Trinkwasser

Die Überwachung der Trinkwassergüte erfolgt grundsätzlich gemäß den Anforderungen der TrinkwV. Das städtische Gesundheitsamt erhält regelmäßig entsprechende Analysenberichte. Nach Bedarf werden zusätzliche Kontrollen und Sonderuntersuchungen des Trinkwassers durchgeführt. Zu berücksichtigen ist, dass zur Steuerung und Überwachung der Aufbereitung in den einzelnen Wasserwerken kontinuierliche Prozesskontrollen an relevanten Stellen durchgeführt werden. In der Regel erfolgen diese Online-Kontrollen für die Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Trübung sowie für die Konzentration des Desinfektionsmittels.

Der Versorgungsbereich von Frankfurt am Main ist in 12 Wasserversorgungsgebiete aufgeteilt. Nach § 3 Abs. 4 TrinkwV wird als Wasserversorgungsgebiet ein Versorgungsbereich mit nahezu einheitlicher Trinkwasserqualität definiert. Dafür legt das Gesundheitsamt einen Probenahmeplan fest. In diesem werden entsprechend der abgegebenen Wassermenge der Untersuchungsumfang und die Häufigkeit festgelegt. In Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten ergänzen die Versorgungsunternehmen im Rahmen ihrer Eigenkontrollen die Untersuchungen durch zusätzliche Online-Messungen sowie durch Analysen auf weitere Parameter, die nicht in der TrinkwV vorgegeben werden, wie z. B. organische anthropogene Spurenstoffe [9].

Auf der Grundlage des vom Gesundheitsamt der Stadt festgelegten Probenahmeplans wird das Trinkwasser im Stadtgebiet

- an 5 Stellen in den verschiedenen Wasserwerken (Ausgänge),
- an 39 Stellen an den Hochbehältern, Transportleitungen und Druckerhöhungsanlagen,
- an 33 Stellen im Verteilungsnetz (Übergabestellen zu Verbrauchern)

regelmäßig untersucht. Die nachfolgende Karte zeigt die Verteilung der Netzentnahmestellen und der Wasserversorgungsgebiete im Versorgungsbereich Frankfurt am Main [67]. Die Probenahmestellen sind gleichmäßig über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Insgesamt werden zur Versorgung von Frankfurt am Main rund 3.000 Trinkwasserproben pro Jahr von Hessenwasser in den Versorgungsanlagen sowie (im Auftrag von Mainova) im Leitungsnetz untersucht [60].

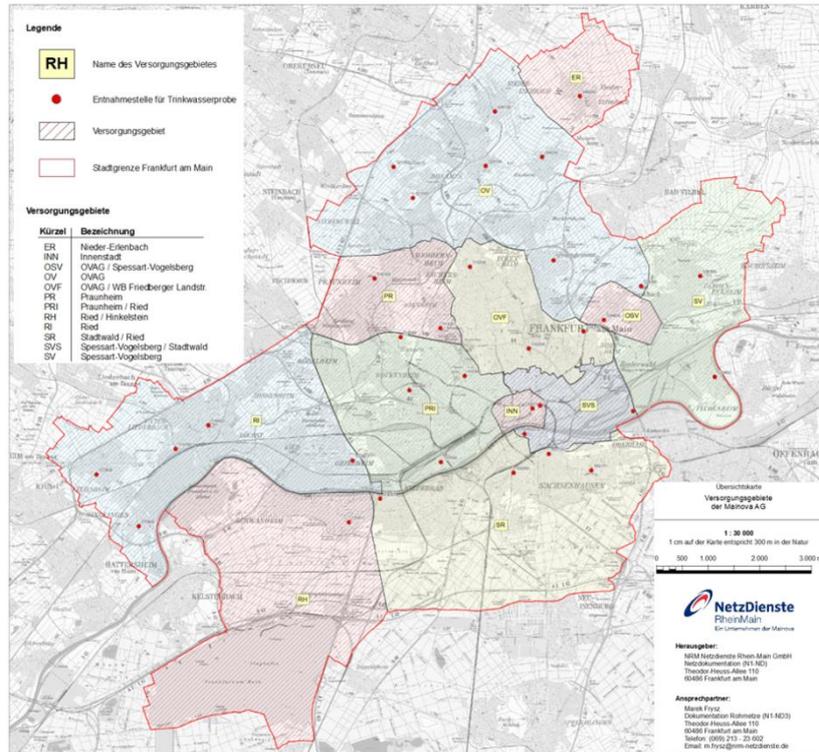


Abb. 19: Netzentnahmestellen und Wasserversorgungsgebiete im Versorgungsbereich Frankfurt am Main [67]

Im Fall der Nichteinhaltung von Grenzwerten, der Nichterfüllung von Anforderungen, der Überschreitung von technischen Maßnahmenwerten und besonderen Vorkommnissen sind in der TrinkwV die Anzeige- und Handlungspflichten des Wasserversorgungsunternehmens festgelegt. Abweichungen von der vorgeschriebenen Trinkwasserbeschaffenheit sind unverzüglich dem Gesundheitsamt anzuzeigen, Untersuchungen zur Ursachenaufklärung sind durchzuführen und Abhilfemaßnahmen müssen unverzüglich eingeleitet werden [8] [88] [89].

Entsprechend einer neuen Anforderung der TrinkwV im Jahr 2003 wurden von Mainova und Hessenwasser sogenannte Maßnahmepläne für das Versorgungsgebiet der Wasserverteilung von Mainova in Abstimmung mit dem Gesundheitsamt erstellt. Seit Gründung von NRM 2005 bearbeitete diese maßgeblich die Aktualisierungen. Damit stellen Mainova, NRM und Hessenwasser die gesetzlich geforderte ständige Erreichbarkeit zur Entgegennahme von Störungsmeldungen sowie die Weiterleitung an die zuständigen Stellen und die Einleitung von Sofortmaßnahmen zur Abhilfe sicher, um die leitungsgebundene Trinkwasserversorgung einschließlich der Zulassung/Duldung nach §§ 9, 10 TrinkwV [8] [89] im Normalbetrieb zu gewährleisten. Die Angaben in diesem Maßnahmeplan werden von NRM laufend aktualisiert und mindestens einmal jährlich auf ihre Richtigkeit geprüft. Der aktuelle Maßnahmeplan entspricht dem Stand vom 06.11.2019.

Den gesetzlichen Rahmen für die Untersuchung der Einzelbrunnen der Gewinnungsanlagen setzt die Hessische RUV [16]. Diese fordert, soweit von der Behörde nicht im Einzelfall

abweichend festgelegt, vierteljährlich die Untersuchung auf den Parameter Nitrat sowie einmal jährlich eine Untersuchung auf 34 physikalische, physikalisch-chemische, chemische und mikrobiologische Parameter. Ergänzend wurde in der hessischen Neufassung der Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der RUV vom 07.11.1995 eine Liste von 23 Pflanzenschutzmitteln und Metaboliten als Mindestumfang vorgegeben. Die gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen gemäß RUV können durch weitere Auflagen der Behörden, z. B. bei Schadensfällen und Baumaßnahmen im Einzugsgebiet, ergänzt werden.

Als Anlage sind die Analysenergebnisse aus dem Jahr 2018 aus zwei Rohwasseruntersuchungen gemäß RUV im WW Schwanheim, die Beschaffenheit des Trinkwassers im innerstädtischen Bereich sowie die Untersuchungsergebnisse von Roh- und Brauchwasser der Mainwasseraufbereitungsanlage dokumentiert.

### 3.6.2 Überwachungskonzept Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser

Als Orientierung für das Aufbereitungsziel bezüglich der Qualität des abgegebenen Betriebswassers zur Infiltration gelten zum einen die Einhaltung der Anforderungen der TrinkwV für die chemischen Parameter, zum anderen die Optimierung der Beschaffenheit in Bezug auf die Eignung zur Infiltration zum Zweck der Schadensabwehr und der Grundwasseranreicherung [68].

In der Regel erfolgen neben kontinuierlichen Prozesskontrollen in wöchentlichem Turnus Laborkontrollen, wobei hinsichtlich der Zahl der Parameter in Abhängigkeit vom Untersuchungsturnus differenziert wird. Die jährliche Untersuchung hat dabei den größten Parameterumfang, da hiermit zahlreiche Sonderuntersuchungen verknüpft sind. Der Untersuchungsumfang wird von Hessenwasser jährlich in Abstimmung mit der Oberen Wasserbehörde angepasst.

Als Bewertungskriterium für die Qualität des Rohwassers (Mainwasser) der MWA gelten die Zielwerte des Europäischen Fließgewässermemorandums 2013 [69]. Zusätzlich wurden die Umweltqualitätsnormen (UQN) für flussspezifische Schadstoffe zur Beurteilung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV) in die Übersichten aufgenommen [70] [71]. Für Substanzen, die in den bestehenden Regelwerken (noch) nicht erfasst sind, gelten die Vorgaben der entsprechenden Genehmigungsbehörde sowie die Leit- und Orientierungswerte des Umweltbundesamtes. Des Weiteren werden zahlreiche weitere nicht in der TrinkwV geregelte Substanzen im Rohwasser aller Gewinnungsanlagen untersucht.

Für das Infiltrationswasser (Betriebswasser) wird als Bewertungskriterium die aktuell gültige TrinkwV angewandt, mit Ausnahme der für Betriebswasser nicht relevanten mikrobiologischen Parameter.

Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit hat das Ziel, Stoffeinträge (punktuell, flächig, linear, natürlich, anthropogen) zu erkennen und unter Berücksichtigung der im Grundwasserleiter ablaufenden hydrogeochemischen Prozesse in ihrer zeitlichen und räumlichen Ausdehnung zu bewerten (siehe Kap. 7.1.2 Urbane Risiken). In der Regel erfolgen Labor-

kontrollen fallbezogen in einem unterschiedlichen Turnus, wobei auch die Anzahl der untersuchten Parameter differiert.

Das Konzept zur Qualitätsüberwachung der Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen von Hessenwasser basiert auf den einschlägigen gesetzlichen Grundlagen, wasserrechtlichen Nebenbestimmungen und berücksichtigt die spezifischen Verhältnisse im jeweiligen Einzugsgebiet in Bezug auf die qualitative Situation und Gefährdungspotenziale.

Verantwortlich für die Durchführung ist Hessenwasser. Die Ergebnisse werden jährlich dem HLNUG gemeldet und dort in das „Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen“ (GruSchu) eingespeist. Diese Datenbank steht der Öffentlichkeit über das Internet frei zur Verfügung.

Realisiert wird eine effektive nutzungs- und belastungsbezogene Überwachung sowohl durch regelmäßige Begehungen und Ortsbesichtigungen des Schutzgebietes als auch durch eigene Grundwasseruntersuchungen.

Die eigenen Kontrollen und Untersuchungen dienen somit auch der Einhaltung der Wasserschutzgebietsverordnungen und dem wasserrechtlichen Vollzug sowie der Eigenüberwachungsverpflichtung.

Ergänzend zur Eigenüberwachung von Hessenwasser werden auch weitere Grundwasseruntersuchungen zur Bewertung des Grundwassers in den Einzugsgebieten herangezogen: Hierzu zählen durch das Land Hessen zur landesweiten Grundwasserbewertung durchgeführte Untersuchungen ebenso wie von Dritten durchgeführte Untersuchungsprogramme, die z. B. in der Überwachung konkreter Belastungspotenziale und laufender Sanierungen erfolgen.

Die Gestaltung der Untersuchungsprogramme von Hessenwasser erfolgt hinsichtlich Messstellen- und Parameterauswahl unter Berücksichtigung der Gebietsstruktur, der Grundwasserströmungsverhältnisse, der Lage und des Betriebs von Gewinnungs- und Infiltrationsorganen, des Einflussbereichs bestehender und potenzieller Belastungen und der Auffälligkeiten aus vorangegangenen Grundwasserqualitätsauswertungen.

Grundlage der konzeptionellen Planungen für die in der Regel wiederkehrenden Untersuchungen von Hessenwasser sind staatliche und behördlich verfügte Untersuchungsfestlegungen oder Aktivitäten im Rahmen der Eigenüberwachung gemäß WHG und HWG.

Neben den Wasserrechtsauflagen zählen zu den maßgeblichen staatlichen Festlegungen die Ausführungen der TrinkwV und der Grundwasserverordnung in ihren jeweils aktuellen Fassungen sowie die RUV. Ebenso sind die Anforderungen des technischen Regelwerks zu berücksichtigen.

Als Beurteilungskriterium werden zur Datenbewertung Qualitätsnormen herangezogen, die wiederum in Abhängigkeit vom Bewertungsziel sehr unterschiedlich sein können.

### 3.6.3 Beschaffenheit von Trinkwasser

Die Sicherstellung der Trinkwasserqualität beruht auf der Einhaltung der Anforderungen der TrinkwV. Dies erfolgt zum einen durch qualifizierte Untersuchungen und fachkompetente Beratung, zum anderen durch ein fachkundiges Vorgehen bei der Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung und -verteilung unter konsequenter Einhaltung des technischen Regelwerks. Insgesamt sind rund 500 DVGW-Regelwerksblätter und über 80 Normen, die als allgemein anerkannte Regeln der Technik gelten, zu beachten.

In allen Stadtteilen besitzt das Wasser eine gleichbleibend hohe Trinkwasserqualität und genügt zu jeder Zeit den Anforderungen der TrinkwV. Jedoch unterscheidet sich aufgrund der unterschiedlichen geologischen Herkunft des Trinkwassers die Wasserhärte im Stadtgebiet (siehe Kap. 2.1.1 Geologie) [72]. Eine Nachbehandlung des Trinkwassers zur Verringerung der Härtebildner innerhalb der Trinkwasserinstallation ist im Allgemeinen nicht notwendig. Einen Überblick über die jeweilige Trinkwasserhärte nach Straßennamen sortiert findet sich auf der Webseite von Mainova (<https://www.mainova.de/de/wasserhaerte>). Auf dieser Webseite können weitere Informationen, wie z. B. auch aktuelle Trinkwasseranalyseberichte abgerufen werden.

In der Anlage Wasserbeschaffenheit sind die Analyseergebnisse aus dem Jahr 2018 gemäß TrinkwV und für Gewerbekunden die technisch relevanten Analysedaten nach DIN 50930 [73] hinsichtlich der hygienischen Eignung von metallischen Werkstoffen in Kontakt mit Trinkwasser enthalten.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist ersichtlich, dass die Anforderungen der TrinkwV eingehalten und die vorgegebenen Höchstwerte (Grenzwerte) für die einzelnen Parameter deutlich unterschritten wurden.

### 3.6.4 Beschaffenheit Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser

Die Beschaffenheit des Mainwassers wird hydrogeologisch durch den fränkischen Muschelkalk und Gipskeuper geprägt. Der Mineralisierungsgrad und damit auch die Gesamthärte des Mainwassers sind von Natur aus vergleichsweise hoch. Hinzu kommen zahlreiche Direkt- und Indirekteinleiter entlang des Mains und seiner Nebenflüsse, die zu einer starken anthropogenen Überprägung des Oberflächenwassers am stauregulierten Fluss führen. Die seit dem Jahr 2000 mögliche Überleitung von Wasser aus dem Donau- in das Main Einzugsgebiet (laut Bericht zur Umsetzung der Europäischen Rahmenrichtlinie, Bestandsaufnahme BAG Main, im Mittel 150 Mio. m<sup>3</sup>/a) zeigt nach den vorliegenden Daten keine erkennbaren Auswirkungen auf die Abflusscharakteristik oder die Wasserbeschaffenheit anhand bakteriologischer, physikalischer (Temperatur), physikalisch-chemischer (Leitfähigkeit) oder chemischer Parameter.

Weitgehend umgekehrt proportional zum Abfluss verhält sich die Leitfähigkeit des Mainwassers mit einer Spannweite von 415–876 µS/cm (bezogen auf 25 °C) als Indikator für den Salzgehalt. Die Temperatur und der pH-Wert des Wassers zeigen ein typisch jahreszeitlich geprägtes Verhalten. Die Schwankungsbreite für die Wassertemperatur lag im Jahr 2018 bei

2,1–26,7 °C. Aufgrund der durch die Stauhaltungen stark verlangsamten Fließgeschwindigkeit ist die Selbstreinigungskraft des Mains verringert, sodass bei dem vorhandenen vergleichsweise hohen Nährstoffangebot insbesondere zu Beginn der warmen Jahreszeit Algenblüten mit der Folge von Sauerstoffzehrung und hohen pH-Werten um 7,7–8,4 auftreten [74] [75].

Während die Belastung des Mains mit „klassischen Schadstoffen“ wie gelösten Spurenmetallen, Cyanid oder Bor in den letzten Jahren/Jahrzehnten stark zurückgegangen ist, rücken mit der verbesserten Analytik zunehmend die organischen Spurenstoffe in den Fokus der Wasserversorgung, da die zur Verfügung stehenden Aufbereitungsverfahren nicht alle dieser zum Teil persistenten und hochpolaren Substanzen entfernen können. Die Beschaffenheit des aufbereiteten Betriebswassers entspricht für die chemischen Parameter den Anforderungen der TrinkwV.

Die natürliche Beschaffenheit der Grund- und Rohwässer wird durch die unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnisse und Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen geprägt. Das oberflächennahe Grundwasser ist in Teilräumen der Stadt Frankfurt am Main z. T. in erheblichem Umfang mit anthropogen bedingten stofflichen Belastungen verunreinigt. Die Belastungssituation in den Trinkwassereinzugsgebieten der WW im Frankfurter Stadtwald und des WW Praunheim II ist durch die intensive und verschiedenartige Flächennutzung komplex.

Die Grundwasserqualität im Frankfurter Stadtwald ist flächig anthropogen beeinträchtigt. Insbesondere überlagern sich Belastungen aus unterschiedlichen Schadensfällen und Belastungsquellen. Sanierungsmaßnahmen und Sicherung durch Infiltration von aufbereitetem Mainwasser dauern an. Im Bereich des östlichen Stadtwaldes belegen vorwiegend Nachweise von LCKW und Pestizidwirkstoffe sowie ihren Metaboliten (PSM) den Eintrag organischer Spurenstoffe aus konkurrierenden Nutzungen. Im Bereich des westlichen Stadtwaldes sind PSM, einschließlich relevanter Metaboliten, und LCKW an zahlreichen GWM nachweisbar. Signifikante Konzentrationen nicht relevanter PSM-Metaboliten werden flächendeckend ab 1997 nachgewiesen. Weiterhin zeigen sich im Flughafenabstrom Nachweise für LCKW sowie relevante PSM-Wirkstoffe und -Metaboliten. Neben den konkreten Belastungsherden sind weitverbreitet leichte und im Bereich von Verkehrswegen deutliche Anstiege der Chloridkonzentrationen sowie die Auswirkungen von Baumaßnahmen nachweisbar.

Diese Grundwasserbelastungen werden sich noch mehrere Jahre und Jahrzehnte im weiteren und im direkten Anstrombereich der Brunnen bewegen und stellen weiterhin eine Gefährdung für die Stadtwaldwasserwerke dar. Die Güteentwicklung wird in Monitoringberichten gemäß den im Wasserrechtsbescheid für die Stadtwaldwasserwerke hinterlegten Nebenbestimmungen dokumentiert und in einem regelmäßigen Turnus der Oberen Wasserbehörde im Regierungspräsidium Darmstadt vorgelegt.

Das Wassereinzugsgebiet des WW Praunheim II weist aufgrund der geologischen und tektonischen Gegebenheiten eine sehr komplexe Struktur auf. Hydrochemische Prozesse im Un-

tergrund führen zur Freisetzung von Metallen. Die Konzentrationsverteilung ist tiefenabhängig. Im Grundwasserzustrom des WW Praunheim II sind zusätzlich anthropogen bedingte Grundwasserbelastungen durch die Landwirtschaft, die Verkehrsinfrastruktur und einen ehemaligen Schadensfall zu verzeichnen. Das Regierungspräsidium Darmstadt wird über die Güteentwicklung des Grundwassers im Einzugsgebiet des WW regelmäßig informiert.

Über das Fachinformationssystem GruSchu des Landes Hessen können zusätzliche Informationen zu Grund- und Rohwasser an Messstellen des Landesgrundwasserdienstes und weitere Informationen online abgerufen werden.

### 3.7 Qualifikationsnachweis/Zertifizierung

Mainova, NRM und Hessenwasser sind in den in Deutschland bestehenden Fachverbänden, mit Bezug auf die Arbeitsschwerpunkte Grundwasserschutz, Trinkwassergewinnung, -aufbereitung, -transport, -speicherung, -bezug und -güte sowie Umwelt- und Wasseranalytik vertreten.

Mit Zugehörigkeit zu den Fachverbänden wird sichergestellt, dass die Unternehmen immer aktuell über die neuesten Entwicklungen informiert sind. Mit dem regelmäßigen Besuch von Fortbildungsveranstaltungen stellen die Unternehmen sicher, dass ihre Mitarbeiter\*innen jederzeit über das aktuelle technische Fachwissen verfügen.

Zur Gewährleistung einer rechtssicheren Ablauf- und Aufbauorganisation werden von Mainova, NRM und Hessenwasser verschiedene Zertifizierungen und Zulassungen wiederkehrend, speziell auf die Aufgabe der Trinkwasserversorgung und der damit in unmittelbarer Verbindung stehenden Tätigkeiten bezogen, beantragt und durchgeführt.

Im Jahr 2003 erfolgte bereits von Mainova eine fachspezifische TSM-Zertifizierung in der Sparte Wasser, die 2005 auf NRM übertragen wurde. Hessenwasser hat diese Prüfung 2006 erfolgreich abgelegt. In dem vorgegebenen Rhythmus erfolgen die Nachprüfungen.

Die Auditierung gemäß § 8a Abs. 3 BSI-Gesetz (Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) wurde von Mainova und Hessenwasser erfolgreich umgesetzt. Grundlage war der branchenspezifische Sicherheitsstandard für Wasserversorger BBS-WA. Mainova und Hessenwasser erfüllen damit als Betreiber kritischer Infrastrukturen nachweislich auch für das Trinkwassernetz (Bezug auf die Steuerung der Trinkwassernetzinfrastruktur mit dem Betrieb der zentralen Leitwarte, der Fernübertragungstechnik sowie den Geber- und Steuerungselementen) die Anforderungen gemäß der KRITIS-Verordnung.

Diese wie auch andere wiederkehrende Prüfungen werden auszugsweise mit den dazugehörigen Zertifikaten und Zulassungen unternehmensspezifisch in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Unternehmen	Qualifikationsnachweis/Zertifizierung
Mainova	Integriertes Managementsystem nach DIN EN ISO 9001:2008 (umfasst Qualitätsmanagement, Umweltmanagement und Technisches Sicherheitsmanagement) [76]
	Energieaudit nach DIN EN 16247-1 [77]
	Einführung Informationssicherheits-Managementsystem (ISMS) mit Auditierung gemäß § 8a Abs. 3 BSI-Gesetz (Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) durch Umsetzung BBS-WA [78]
NRM	Technisches Sicherheitsmanagement [79]
	Energieaudit nach DIN EN 16247-1 [77]
	Informationssicherheits-Managementsystem (ISMS) mit Auditierung gemäß § 8a Abs. 3 BSI-Gesetz (Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) durch Umsetzung BBS-WA – aktuell in Prüfung [78]
	Fachbetriebsqualifikation nach Wasserhaushaltsgesetz (§ 62 WHG)
	Schweißarbeiten an Stahlrohrleitungen nach definierten Schweißverfahren, Hersteller nach AD 200-Merkblatt HP 0/ DIN EN ISO 3834-3 [80]
	Korrosionsschutz nach DVGW GW 11 [81]
Hessenwasser	Technisches Sicherheitsmanagement (TSM) [82]
	Energiemanagementsysteme nach DIN EN ISO 50001:2011 [83]
	Einführung Informationssicherheits-Managementsystem (ISMS) mit Auditierung gemäß § 8a Abs. 3 BSI-Gesetz (Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) durch Umsetzung BBS-WA [78]
	Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2017 [84]

Tab. 8: Qualifikationsnachweise

### 3.8 Versorgungssicherheit

Die Versorgungssicherheit basiert auf zwei Säulen: erstens der im Vorfeld der Gewinnungsanlage zu schützenden Ressource Grund- und Oberflächenwasser sowie zweitens der daran nachgelagerten technischen Infrastruktureinrichtungen zur Gewinnung der Ressource. Die technischen Infrastruktureinrichtungen sind maßgeblich für die Versorgungssicherheit. Das in Kap. 3.3.2 Infiltrationsgestützte Trinkwasserversorgung beschriebene und mit Gründung von

Hessenwasser erfolgreich eingeführte integrierte Ressourcenmanagement ermöglicht eine nachhaltige und fast klimaunabhängige Wasserversorgung.

### 3.8.1 Ressourcenmengen und -schutz

Zentraler Bestandteil des wasserwirtschaftlichen Konzepts von Hessenwasser ist eine nachhaltige Bewirtschaftung und der Schutz der Ressource Grundwasser. Hierzu werden die potenziellen und realen Einwirkungen anderer Wassernutzungen auf die Wasserqualität in den Einzugsgebieten der Gewinnungsanlagen intensiv betrachtet. Die vielfältigen Aufgaben des Schutzes der Ressource Wasser werden in enger Abstimmung mit den Wasserbehörden gestaltet und bearbeitet.

Im Rahmen des integrierten Ressourcenmanagements beteiligt sich Hessenwasser im Einzugsgebiet ihrer Gewinnungsanlagen an Verwaltungsverfahren (Plan-, Bau- und Genehmigungsverfahren), an landwirtschaftlichen Kooperationen in Wasserschutzgebieten (WSG), an der Ausweisung von WSG, an Begehungen von WSG und führt ein qualitatives und quantitatives Monitoring zur frühzeitigen Erkennung von Grundwasserbelastungen und zur Anlagensteuerung gemäß den wasserrechtlichen Genehmigungen durch. Mit dem flächendeckend in den Gewinnungsbereichen durchgeführten qualitativen und quantitativen Monitoring erfolgt die bestmögliche Absicherung der Ressourcenverfügbarkeit durch Hessenwasser.

Maßgeblich für einen effektiven Schutz des Grundwassers ist die Festsetzung von Wasserschutzgebieten durch die Obere Wasserbehörde. An dem laufenden Festsetzungsverfahren Wasserschutzgebiet Praunheim II ist Hessenwasser beteiligt und kann den Regelungsbedarf zur Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung über Stellungnahmen und Abstimmungen mit den Behörden in Bezug auf die behördlich festzusetzenden Ver- und Gebote einbringen.

Die Kontrolle der Umsetzung von Schutzgebietsauflagen erfolgt über die Veranlassung und Durchführung von regelmäßigen Begehungen mit anschließender Dokumentation und Auswertung. Verstöße gegen die Schutzgebietsverordnung werden der für die Gewässeraufsicht zuständigen Behörde (Untere Wasserbehörde der Stadt Frankfurt am Main) gemeldet und ggf. bei der kommunalen Ordnungsbehörde zur Anzeige gebracht. In Abhängigkeit von der Art des Verstoßes werden erforderliche Maßnahmen initiiert und/oder kontrollierend begleitet. Die detaillierten Aufgabenabläufe, Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten und Festlegungen zu Überwachungshäufigkeiten und Dokumentationsfragestellungen sind in einem Überwachungskonzept festgelegt. Hierbei werden insbesondere die aus der Charakteristik der Gebiete resultierenden Gefährdungspotenziale berücksichtigt.

Zum Schutz des Grundwassers ist eine sach- und fachgerechte Bearbeitung von Bodenverunreinigungen oder Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen essenziell. Hessenwasser und die Untere Wasserbehörde bzw. die Untere Bodenschutzbehörde der Stadt Frankfurt am Main stimmen in enger Absprache die erforderlichen Maßnahmen ab. Zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke und des WW Praunheim II werden in Abstimmung mit der Oberen Wasserbehörde bei Regierungspräsidium Darmstadt im Zuge von durch Hessenwasser initiierten Baumaßnahmen Notfallpläne für Unfälle, d. h.

Bodenverunreinigungen mit wassergefährdenden Stoffen, erstellt und bei der Bau- durchführung berücksichtigt.

Maßnahmen und Bauarbeiten in den Einzugsgebieten der Gewinnungsanlagen werden insbesondere hinsichtlich ihres Einflusses auf die Qualität und Quantität des Grundwassers bewertet. Hierzu zählen Baumaßnahmen aller Art, der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Anfragen zu raumplanerischen Prozessen und Entwicklungen in Verwaltungsverfahren wie Raumordnungs-, Planfeststellungs- und Flächennutzungsverfahren sowie Bauleit- und Bebauungsverfahren. Insbesondere zu zahlreichen Großbauprojekten im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke (Bebauung, Verkehrswege Straße, Schiene und Flugverkehr) und die städtebaulichen Entwicklungen der Stadt Frankfurt am Main im Bereich des Einzugsgebietes des WW Praunheim II nimmt Hessenwasser aufgrund der Betroffenheit ausführlich Stellung und formuliert Forderungen nach Möglichkeit in enger Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden der Stadt Frankfurt am Main oder des Regierungspräsidiums Darmstadt.

Über eine Bearbeitung von Vorhaben und Ereignissen in Wasserschutzgebieten hinaus erfasst und bewertet Hessenwasser systematisch qualitative Einflussgrößen wie Altlasten, Schadensfälle und Verdachtsflächen sowie Flächennutzungen im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen. Das bei Hessenwasser hinterlegte systematisierte Risikomanagement für Einzugsgebiete beinhaltet ein methodisch gestuftes Vorgehen mit Einbindung der zuständigen Wasserbehörden. Es umfasst eine transparente Dokumentation und erfährt eine periodische Revision durch wiederholende Gefährdungsbewertung im regelmäßigen Abstand oder anlassbezogen.

Im Rahmen der Durchführung eines Monitorings wird die Grundwasserqualität in den Einzugsgebieten der Stadtwaldwasserwerke und dem WW Praunheim II sowie die Wasserqualität des Mains, die im direkten oder indirekten Zusammenhang mit der Wassergewinnung stehen, von Hessenwasser erhoben und ausgewertet. Das Gesamteinzugsgebiet wird durch Beprobungen ausgewählter Grundwassermessstellen im Vorfeld einer Trinkwassergewinnungsanlage (Vorfeldmessstellen) überwacht. Die Grundwasserqualität wird in ihrer Entwicklung jährlich hinsichtlich Messstellenanzahl, Untersuchungsturnus und -umfang mittels aktualisierten Überwachungsprogrammen überwacht und bewertet, wobei bekannte Belastungen einer gezielten Beobachtung unterliegen. Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse werden nach Aus- und Bewertung Berichte erstellt und Maßnahmen zur Wasserqualitätssicherung erarbeitet.

Aus der Bewertung, die sich an festgelegten Qualitätskriterien orientiert, werden für die Wasserwerke im Stadtwald und das WW Praunheim II Zwangspunkte hinsichtlich der Förderung bzw. Aufbereitung abgeleitet, die über die bisher bestehenden Bewirtschaftungsempfehlungen hinausgehen. Neben der flächendeckenden Gewässergüteüberwachung erfolgt eine punktuelle Überwachung und Unterstützung der Sicherung und Sanierung von Grundwasserschadensfällen in den Einzugsgebieten der Trinkwassergewinnungsanlagen. Zum Schutz der Grundwasserqualität ist Hessenwasser im Rahmen ihrer Tätigkeiten zum

vorbeugenden Grundwasserschutz in die Überwachung von Verdachtsflächen sowie behördlich verfügbaren Sanierungskonzepten eingebunden.

Außerhalb von Frankfurt am Main beteiligt sich Hessenwasser an landwirtschaftlichen Kooperationen zum Schutz des Grundwassers aus den Liefergebieten im Hessischen Ried und dem Vogelsberg. Die Beteiligung an landwirtschaftlichen Kooperationen erfolgt aufgrund von Grundwasserbelastungen infolge von Düngung und Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel auf z. T. intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen. Weiterhin ist Hessenwasser Eigentümer zahlreicher landwirtschaftlich genutzter Grundstücke in grundwassersensiblen Einzugsgebieten. Durch die Vorgabe von Wasserschutzauflagen in den Pachtverträgen mit den Bewirtschaftern kann Hessenwasser auch hier wesentlich auf die landwirtschaftliche Nutzung und somit auf den Grundwasserschutz und die Qualität des Grundwassers und demzufolge auf die des Trinkwassers zur Versorgung der Stadt Frankfurt am Main einwirken.

Im Rahmen des qualitativen und quantitativen Monitorings betreibt Hessenwasser 302 GWM in Frankfurt am Main. Neben den eigenen Grundwassermessstellen werden im Rahmen der zu bearbeitenden Fragestellungen durch Hessenwasser weitere GWM von Dritten in das Monitoring mit aufgenommen.

Die ökologische Absicherung der Wasserversorgung erfolgte durch Umweltverträglichkeitsuntersuchungen in den einzelnen Wasserrechtsverfahren und wasserrechtlichen Grundwasserstandsauflagen. Hessenwasser stellt sicher, dass die vorhandenen Wasserrechte für die Stadtwaldwasserwerke, der Mainwasserinfiltration, der Mainwasserentnahme und des WW Praunheim II sich am maximalen Bedarf in Trockenjahren und an der Bevölkerungsentwicklung sowie einem Sicherheitszuschlag für technische Ausfälle orientieren. Zur Absicherung der wasserrechtlich genehmigten Fördermengen beteiligt sich Hessenwasser an Wasserrechtsverfahren Dritter (z. B. Trink- und Betriebswasserförderung, Bauwasserhaltungen) im Einzugsgebiet ihrer Anlagen, die eine unmittelbare Rückwirkung auf die Fördermöglichkeiten der Stadtwaldwasserwerke und des WW Praunheim II haben.

Hessenwasser fühlt sich dem Schutz und der umweltverträglichen Nutzung der Kreislaufressource Wasser besonders verpflichtet und beteiligt sich auch im Rahmen der Umsetzung der WRRL zur Erreichung und Erhaltung eines flächendeckend guten Zustandes des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer. Zu den veröffentlichten Entwürfen für eine landesweite Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplanung für festgelegte Bewirtschaftungsplanperioden in den Trinkwassereinzugsgebieten nimmt Hessenwasser regelmäßig Stellung und formuliert Vorschläge zur Berücksichtigung der Anforderungen aus Sicht der Wasserversorgung.

In der nachfolgenden Abbildung werden die beschriebenen Aktivitäten zur Sicherung der Grund- und Trinkwasserqualität von Hessenwasser im Stadtgebiet von Frankfurt am Main und in den angeschlossenen Beschaffungsbereichen skizziert [85].



Abb. 20: Aktivitäten von Hessenwasser zum Schutz der Ressource und der Trinkwasserqualität [85]

Für den Schutz der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers, die nachhaltige Bewirtschaftung und den Hochwasserschutz ist in der Stadt Frankfurt am Main die Untere Wasserbehörde zuständig. Die Untere Wasserbehörde führt gemäß § 69 HWG Gewässerschauen durch. Der Schaukommission gehören Vertreter\*innen der Unteren Wasserbehörde, der Behörde für den Bereich Regionalentwicklung, Landschaftspflege und Landwirtschaft und der Unteren Naturschutzbehörde, des örtlich zuständigen Gemeindevorstands oder des Verbandsvorstands, soweit die Unterhaltung einem Verband obliegt, bei vorhandenen Wasserschutzgebieten ein\*e Vertreter\*in des Wasserversorgungsunternehmens, des örtlich zuständigen Gemeindevorstands und der Gesundheitsbehörde an. Bei den Gewässerschauen ist die Teilnahme einer gemeinsamen Vertreterin oder eines gemeinsamen Vertreters der nach § 3 des Umwelt-Rechtsbehelfsgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 2017 (BGBl. I S. 3290) anerkannten Vereinigungen, die nach ihrem satzungsmäßigen Aufgabenbereich schwerpunktmäßig die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege fördern, des landwirtschaftlichen Berufsstandes und der Fischereiberechtigten oder der Fischereiausübungsberechtigten zu ermöglichen [86].

Neben der Durchführung von Schaukommissionen überwacht die Untere Wasserbehörde andere Nutzungen des Grundwassers (insbesondere Grundwasserhaltungen von Baustellen), die mit einer Gefährdung des Grundwasserkörpers und des Grundwassers einhergehen können. Somit wird sichergestellt, dass Schadensereignisse frühzeitig erkannt, unterbunden und saniert werden können. Zudem genehmigt die Untere Wasserbehörde im

Einzelfall Eingriffe, die einer Ausnahmegenehmigung nach der Schutzgebietsverordnung der Trinkwassergewinnung im Frankfurter Stadtwald bedürfen.

### 3.8.2 Leitzentrale

In der Leitzentrale von Hessenwasser erfolgt das Lastmanagement bezüglich der Trinkwasserversorgung für rund 2,4 Mio. Menschen im Rhein-Main-Gebiet. Hier werden alle Prozesse, ausgehend von der Wassergewinnung, der Aufbereitung, dem Transport und der Speicherung, überwacht. Abweichungen von definierten Vorgaben (z. B. Druck, Menge) und unberechtigte Zugänge zu Anlagenteilen der Wasserversorgung werden automatisch gemeldet, sodass unmittelbar durch Mitarbeiter der Leitwarte, das Personal vor Ort oder außerhalb der normalen Arbeitszeiten durch die Rufbereitschaft darauf reagiert werden kann [60].

### 3.8.3 Rufbereitschaft

Außerhalb der normalen Arbeitszeiten ist bei Störungen, Havarien u. a. eine Rufbereitschaft bzw. Notfallnummern von NRM, Unterer Wasserbehörde, Gesundheitsamt und Hessenwasser gegeben. Es gibt verschiedene Rufbereitschaftstypen deren Organisation im Detail in Arbeitsanweisungen geregelt ist [60] [87].

### 3.8.4 Sicherstellung der leitungsgebundenen Versorgung im Normalbetrieb

Hessenwasser und NRM als Betreiber bzw. Betriebsführer von Wasserversorgungsanlagen sind nach § 16 Abs. 5 der TrinkwV [8] verpflichtet, einen Maßnahmenplan zu erstellen und mit dem Gesundheitsamt der Stadt Frankfurt am Main abzustimmen. Dazu gehören u. a. Regelungen zu den Meldewegen [88], der Vorgehensweise bei der Verifizierung von Befunden sowie zur Einleitung von Sofortmaßnahmen, um die leitungsgebundene Trinkwasserversorgung einschließlich der Zulassung/Duldung nach §§ 9 und 10 TrinkwV [8] [89] im Normalbetrieb zu gewährleisten.

NRM und Hessenwasser arbeiten nach dem technischen Regelwerk des DVGW und belegen dies durch eine alle fünf Jahre wiederkehrende Überprüfung des Technischen Sicherheitsmanagements (TSM) [82] [79]. Dies beinhaltet die DIN-EN 15975-2 [90]. Ein risikobasiertes und prozessorientiertes Management in Verbindung mit dem TSM ist notwendig, um eine Wasserversorgung mit hoher Versorgungssicherheit nachhaltig und langfristig wirtschaftlich zu gewährleisten.

### 3.8.5 Absicherung gegen Stromausfälle

Anhand statistischer Daten zu Stromausfällen (Versorgungsunterbrechungen) erfolgt von Hessenwasser eine Bewertung der für die Trinkwasserversorgung notwendigen technischen Anlagen. Zur Minimierung der Abhängigkeit erfolgt eine fortlaufende Steigerung der Energieeffizienz (Verbrauchsminimierung) der eingesetzten elektrischen Komponenten.

Hessenwasser und NRM verfügen über stationäre und mobile Ersatzstromerzeuger, um im Fall eines Stromausfalles in Abhängigkeit der Umstände die Trinkwasserversorgung so weit wie möglich aufrechtzuerhalten [60] [87].

Bei einem großflächigeren, länger andauernden Stromausfall ist von Einschränkungen der Versorgung auszugehen. In Abhängigkeit von den betroffenen Bereichen/Anlagen sind diese durch die Komplexität der Versorgungsstruktur und in Art und Umfang spezifisch.

### **3.8.6 Vorhalten ausreichender Behälterkapazitäten**

Zum Ausgleich von Verbrauchsschwankungen, zum Einhalten der erforderlichen Druckbereiche und zur Überbrückung von Betriebsstörungen hält Hessenwasser entsprechende Behälterkapazitäten im Transport- und Verteilnetz vor (siehe Kap. 3.5.4 Wasserbehälter, Druckerhöhungs-/Druckminderungsanlagen).

### **3.8.7 Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser**

Die von Hessenwasser im Frankfurter Stadtwald und vom WHR im Hessischen Ried betriebenen Grundwasseranreicherungsanlagen mit zu Trinkwasserqualität aufbereitetem Oberflächenwasser gewährleisten, dass Grundwasser witterungs- und klimaunabhängig in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung steht (siehe Kap. 3.3.2 Infiltrationsgestützte Trinkwasserversorgung).

### **3.8.8 Integrale Überwachung der Wasserqualität**

Im Stadtgebiet von Frankfurt am Main wird Trinkwasser an 77 Probenahmestellen regelmäßig überwacht. Insgesamt werden für das Stadtgebiet Frankfurt am Main jährlich rund 3.000 Trinkwasserproben von Hessenwasser in den eigenen Versorgungsanlagen sowie im Verteilgebiet von Mainova nach den Anforderungen der TrinkwV [8] auf physikalische, mikrobiologische, chemische und radioaktive Parameter untersucht [60].

Im Rahmen des integralen Qualitätsmanagements erstreckt sich die Qualitätsüberwachung vom Vorfeld (Grund-, Oberflächen- und Infiltrationswasser) über die Aufbereitung (Roh-, Rein- und Trinkwasser) der einzelnen Wasserwerke bis hin zur Verteilung (Trinkwasser).

Hiermit ist eine kontinuierliche und flächendeckende Überwachung der Trinkwasserqualität im Stadtgebiet jederzeit gewährleistet (siehe Kap. 3.6.2 Überwachungskonzept Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser).

### 4 Wasserabgabe und Wasserbedarf

Der Wasserbedarf einer Kommune setzt sich nach der üblichen Methodik der Bedarfsstatistik aus dem Bedarf der Bevölkerung (Haushalte), des Kleingewerbes sowie von Industrie und Großgewerbe zusammen. Hinzu kommen die sogenannten Wasserverluste (siehe Kap. 4.1.1 Öffentliche Trinkwasserversorgung).

Der Wasserbedarf der Stadt Frankfurt am Main wird von der Bevölkerungsentwicklung, dem Pro-Kopf-Bedarf, den Jahreszeiten und der Witterung geprägt. Daneben sind insbesondere für die Stadt Frankfurt am Main weitere Sonderverbraucher wie Pendlerströme, Übernachtungsgäste (siehe Kap. 2.1.6 Bevölkerung), öffentliche Einrichtungen (z. B. Schwimmbäder) und Dienstleistungen (z. B. Krankenhäuser) zu berücksichtigen, die sich im Wasserbedarf der Stadt widerspiegeln. Bei einer einfachen Berechnung des Pro-Kopf-Bedarfs inklusive der Sonderverbraucher, bezogen auf die ortsansässige Bevölkerung (Haushalte), führt das zu hohen Werten über dem landesweiten Durchschnitt, was teilweise falsch interpretiert wird. Diese Sondereffekte müssen daher immer berücksichtigt werden. Dieser Effekt tritt in geringerem Maße bereits bei Mittelzentren auf, verstärkt aber in Großstädten.

Bei dem Pro-Kopf-Bedarf aller Verbraucher\*innen einschließlich des Wasserbedarfs von Industrie und Gewerbe sowie Eigenbedarf und Verlusten, ist zu berücksichtigen, dass der Anteil an Industrie und Gewerbe sowie anderen Einrichtungen strukturell bedingt sehr unterschiedlich ist und von Kommune zu Kommune stark differiert. Auch dieser Bedarfsanteil ist in Frankfurt am Main höher als im Landesdurchschnitt.

#### 4.1 Wasserabgabe

Die Datenbank des Regierungspräsidiums Darmstadt zur Wasserbilanz Rhein-Main ist die wesentliche statistische Grundlage für die in den weiteren Unterkapiteln detailliert beschriebene Entwicklung der Trinkwasserabgabe und des Trinkwasserbedarfs. In der Datenbank werden die Hauptdaten der öffentlichen Wasserversorgung im Regierungsbezirk Darmstadt seit 1977 dokumentiert. Die dort geführten Datensätze werden auch in den Studien der Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM) und Hessenwasser verwendet und bewertet. Detaillierte Analysen zur Entwicklung des Wasserbedarfs und des Wasserverbrauchs im Rhein-Main-Gebiet sind der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser zu entnehmen [55]. Dieser bildet eine maßgebliche Grundlage für die in den weiteren Kapiteln angeführten Auswertungen.

Die Angaben zur nichtöffentlichen Wasserversorgung (siehe Kap. 4.1.2 Nichtöffentliche Wasserversorgung) basieren auf den Statistiken des Hessischen Statistischen Landesamtes (2018) [91].

##### 4.1.1 Öffentliche Trinkwasserversorgung

Für den Wasserverbrauch der öffentlichen Trinkwasserversorgung gibt es zwei Bewertungsgrößen. Der gemessene Wasserverbrauch wird in Kubikmeter pro Jahr ( $m^3/a$ ) angegeben. Bezogen auf die Anzahl der Einwohner\*innen errechnet sich daraus der spezifische Wasserverbrauch oder Pro-Kopf-Verbrauch in Liter pro Einwohner\*in und Tag ( $l/E*d$ ).

Unterteilt wird die Trinkwasserabgabe in die Verbrauchergruppen „Haushalte und Kleingewerbe“, „Industrie und Großgewerbe“ sowie „Eigenbedarf und Verluste“. Die Entwicklung der Trinkwasserabgabe in der Stadt Frankfurt am Main, basierend auf den Daten der Wasserbilanz Rhein-Main des Regierungspräsidiums Darmstadt aus den Jahren 1977–2019 [92], ist in der nachfolgenden Abbildung dokumentiert.

Unter Kleingewerbe werden die Verbrauchsanteile zusammengefasst, die statistisch nicht von Haushalten getrennt werden können. Darunter fallen Gewerbebetriebe und Büros in Wohngebäuden, kleinere Gewerbebetriebe und Büros in eigenen Gebäuden und öffentliche Einrichtungen, die nicht zu Großverbrauchern zählen. Die Abgrenzung zwischen Kleingewerbe und anderen Sektoren ist unscharf. Öffentliche Einrichtungen wie z. B. Verwaltungsgebäude, Schulen und Theater werden nicht getrennt erfasst, sondern je nach Größenordnung des Verbrauchs den Sektoren Haushalt und Kleingewerbe oder Industrie und Großgewerbe zugeordnet.

In den statistischen Angaben für den Wasserverbrauch der „Haushalte“ ist demnach meist der Kleingewerbeanteil enthalten, also ein Verbrauchsanteil aus dem Bereich der gewerblichen und öffentlichen Einrichtungen, der statistisch nicht von den Haushalten zu trennen ist. Dieser Bestandteil ist in den Städten und hier generell in den Kerngebieten höher als in kleineren Kommunen bzw. in reinen Wohngebieten.

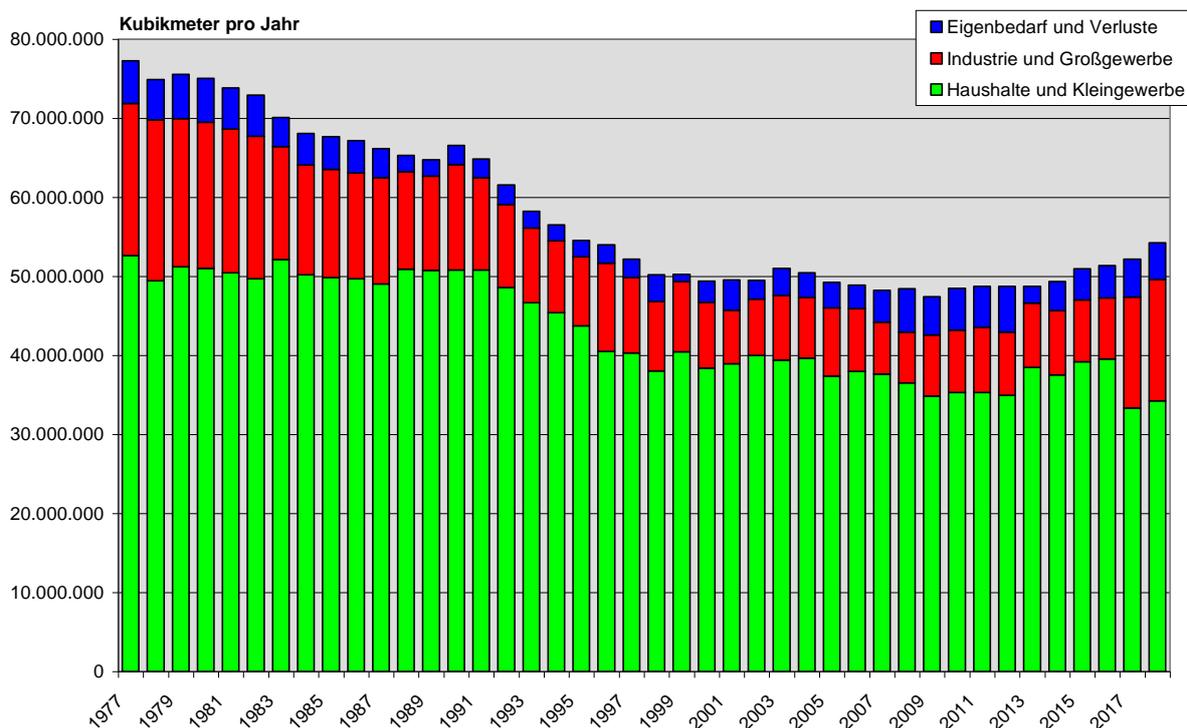


Abb. 21: Trinkwasserabgabe in Frankfurt am Main, 1977–2018 [92]

Die Trinkwasserabgabe in Frankfurt am Main war von 1977 bis 2009 rückläufig. Danach stieg diese wieder an. Abgesehen von den klimatisch bedingt erhöhten Verbrauchszahlen in

den Trockenjahren 1990, 1991 und 2003 hat sich die Trinkwasserabgabe von ca. 77,3 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 1977 stetig auf ihren Tiefpunkt von 47,2 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2009 reduziert. Von 2009 bis ca. 2012 stagnierte die Trinkwasserabgabe auf niedrigem Niveau. Ab 2013 ist der Trinkwasserverbrauch ausgehend von 48,7 Mio. m<sup>3</sup> auf 52,2 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2017 angestiegen. 2018 war, wie zuletzt 2003, ein Trockenjahr mit erhöhtem Wasserbedarf. Der Wasserverbrauch 2018 lag bei 54,3 Mio. m<sup>3</sup>.

Der Trinkwasserbedarf von Haushalten und Kleingewerben hat sich seit 1977 bis 2017 insgesamt um ca. 36 % reduziert, bei einem Bevölkerungsanstieg in Frankfurt am Main von mehr als 114.000 Einwohner\*innen in diesem Zeitraum. Zum ausgeprägten Trockenjahr 2018 wurde kein Vergleich gezogen, da das Jahr 1977 ein Normaljahr war (siehe Kap. 2.1.4 Klima/Witterung). Unter Berücksichtigung aller Verbrauchsfaktoren inklusive Industrie, Großgewerbe, Eigenbedarf und Verlust hat sich der Trinkwasserbedarf im Vergleichszeitraum um 32 % verringert.

Gemäß der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises gliedert sich der Pro-Kopf-Verbrauch der Stadt Frankfurt am Main 2016 wie folgt auf [55]:

- |                              |             |
|------------------------------|-------------|
| • Haushalte und Kleingewerbe | 146,7 l/E*d |
| • Industrie und Großgewerbe  | 28,6 l/E*d  |
| • Eigenbedarf und Verluste   | 15,2 l/E*d  |
| • alle Sektoren zusammen     | 190,5 l/E*d |

Der in der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises [55] ermittelte Wert von 146,7 l/E\*d für Haushalte und Kleingewerbe im Jahr 2016 entspricht in etwa dem vom Hessischen Statistischen Landesamt berechneten Pro-Kopf-Bedarf für Frankfurt am Main von 149,7 l/E\*d für das Jahr 2016 [93]. Nach Angaben des Hessischen Statistischen Landesamtes liegt der Wasserverbrauch von Haushalten und Kleingewerben in Frankfurt am Main 23 l/E\*d über dem Landesdurchschnitt. Das Regierungspräsidium Darmstadt weist in seiner Wasserbilanz Rhein-Main 2016 für Frankfurt am Main einen Wasserverbrauch von 148 l/E\*d aus [94]. Die Unterschiede ergeben sich durch leicht abweichende Systematiken bei der Datenzuordnung und den Bezugsgrößen. Aus den Auswertungen im Rahmen der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises kann bezogen auf die Gesamtmenge von 146,7 l/E\*d ein durchschnittlicher Anteil von ca. 110 l/E\*d für die Haushalte und damit von 36,7 l/E\*d für das Kleingewerbe abgeleitet werden [104].

Für das Jahr 2018 weist die amtliche Wasserbilanz des Regierungspräsidiums Darmstadt einen Trinkwasserbedarf für Haushalte und Kleingewerbe in Frankfurt am Main von 124,5 l/E\*d aus [95]. Zu beachten ist, dass die doch erhebliche Änderung in der Zusammensetzung des Trinkwasserbedarfs aus dem Jahr 2016 gegenüber 2018 auf einer zwischenzeitlich durchgeführten Neuordnung der Abnehmer im Bereich Klein- und Großgewerbe durch Mainova basiert. Im direkten Vergleich des Pro-Kopf-Bedarfs der Jahre 2016 und 2018 ist erkennbar, dass das Trockenjahr 2018 zu einem Anstieg des täglichen Wasserbedarfs von ca. 7,1 l/E\*d auf 197,6 l/E\*d, berechnet über alle Sektoren, führt.

In der Bundesrepublik Deutschland lag der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Kopf und Tag für Haushalte und Kleingewerbe in den vergangenen zehn Jahren, nach aktuellen Auswertungen des Bundesverbandes der Energie und Wasserwirtschaft aus dem Jahr 2019, stabil bei etwa 123 l/E\*d [96]. 2018 ist der Wasserverbrauch durch die außergewöhnlich trockene Witterung auf 127 l/E\*d angestiegen. Im Durchschnittswert für Deutschland ist ein Kleingewerbeanteil von rund 11 l/E\*d enthalten. Strukturell bedingt liegt der Kleingewerbeanteil in Frankfurt am Main deutlich höher.

Das Hessische Statistische Landesamt errechnet über alle Sektoren für das Jahr 2016 eine Wasserabgabe von 174,3 l/E\*d [93], ohne die Menge für Eigenbedarf und Verluste. Der Vergleichswert in der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises beträgt 175,3 l/E\*d [55]. Es besteht demnach eine relativ gute Übereinstimmung.

Unter dem Begriff Eigenbedarf und Verluste zählen Verbrauchsanteile, die z. B. für die Wasseraufbereitung (Filterspülungen), Rohrnetzspülungen und den Eigenbedarf der Belegschaft benötigt werden. Scheinbare Verluste werden durch Zählerdifferenzen und unkontrollierte Wasserentnahmen verursacht, echte Verluste durch Leckagen in den Rohrnetzen.

Gemäß 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises wird Trinkwasser in gewerblichen und öffentlichen Einrichtungen von der Belegschaft und Besuchern zur Essenszubereitung, Reinigung, Wellness u. Ä. eingesetzt und genutzt. In der gewerblichen Produktion wird ansonsten überwiegend Wasser aus Betriebswassergewinnungsanlagen und Wasser aus Oberflächengewässern als Kühl- und Brauchwasser genutzt, wobei Ersteres meist unmittelbar wieder in die Gewässer eingeleitet wird. Die wassersparende Technik ist weit fortgeschritten. In vielen Betrieben gibt es Wasserkreisläufe, bei denen nur noch der Verdunstungsanteil ersetzt wird [104].

Der Anteil von Industrie und Großgewerbe am Trinkwasserverbrauch in den Kommunen ist strukturell bedingt unterschiedlich und in Frankfurt am Main mit 28,6 l/E\*d besonders hoch [104].

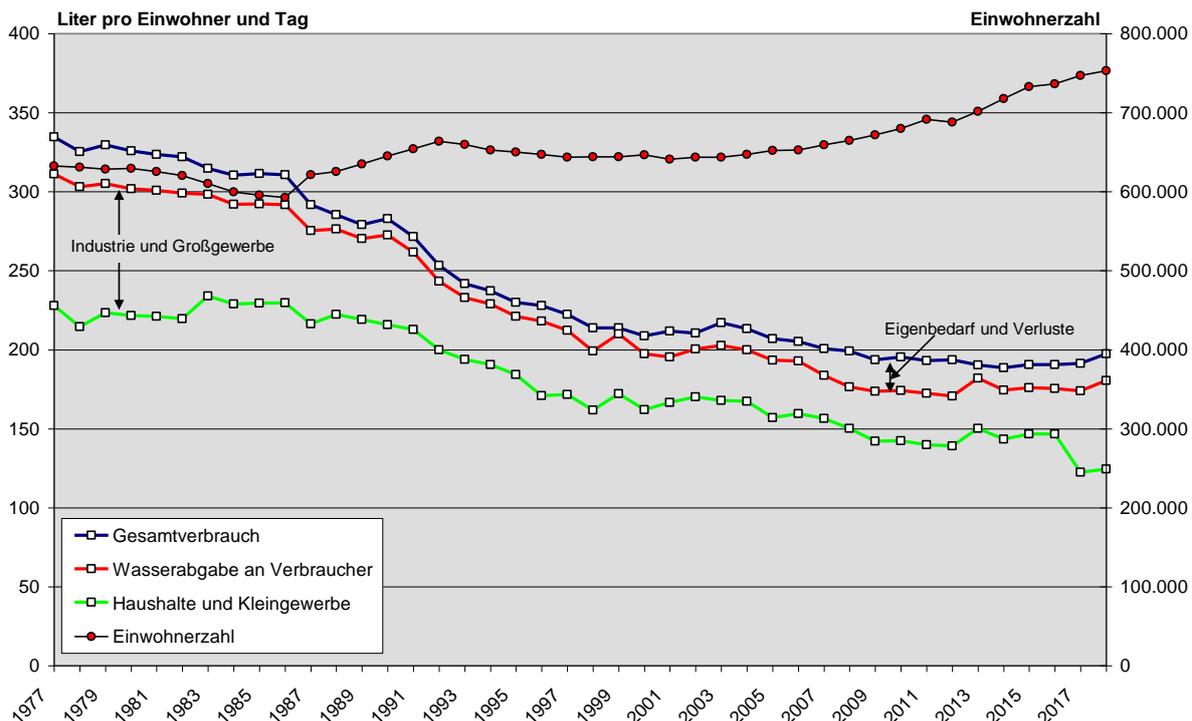


Abb. 22: Einwohnerzahl und Pro-Kopf-Verbrauch in Frankfurt am Main, 1977–2017 [55]

Rückgänge des Pro-Kopf-Bedarfs wurden insbesondere durch die Einführung des Abwasserabgabengesetzes ab etwa 1976, wassersparende Haushaltsgeräte ab etwa 1978, die Einführung verbrauchsmindernder Toilettenspülkästen ab etwa 1984 und den Abzug der stationierten US-Streitkräfte ab etwa 1990 verursacht. Weitere deutliche Einsparungen sind auf die Wassersparkampagne der Stadt in den 1990er-Jahren zurückzuführen. Zusätzlich führte der Einsatz neuer Techniken und Materialien in der Wasserversorgung/-verteilung dazu, dass sich Rohrnetzverluste stark reduzierten.

Die Verbrauchsrückgänge wurden zum Teil erst zeitlich verzögert wirksam. Der maximale Pro-Kopf-Verbrauch im Sektor Haushalte und Kleingewerbe erreicht 1983 seinen Maximalwert. Danach sinkt der Pro-Kopf-Verbrauch stetig ab, mit Ausnahme des Jahres 2013 (Trockenjahreseffekt). Danach fällt er zunächst weiter leicht ab, stagniert dann u. a. aufgrund des Trends zu kleineren Haushaltsgrößen und zu mehr Komfort und Hygiene. Der 2017 gegenüber dem Vorjahr erkennbare Rückgang von über 20 l/E\*d im Pro-Kopf-Verbrauch von Haushalt und Kleingewerbe basiert z. T. auf einer Abänderung der statistischen Abgrenzung zu dem Verbrauchssektor Industrie und Großgewerbe. Entsprechend hat der Pro-Kopf-Verbrauch im Sektor Industrie und Großgewerbe zugenommen.

Einen erheblichen Einfluss auf den berechneten Pro-Kopf-Bedarf der Einwohner\*innen haben Sondereffekte in Großstädten. Im Betrachtungsjahr 2018 (251 Arbeitstage) stellen die Pendlerströme (Einpendler abzüglich Auspendler) mit ca. 25 l/E\*d [97] einen Anteil von rund 1,7 Mio. m<sup>3</sup> dar [41] [55], gefolgt von öffentlichen Einrichtungen (z. B. Krankenhäuser,

Schulen, Hochschulen) mit etwa 1 Mio. m<sup>3</sup> [98]. Die Übernachtungsgäste verbrauchen bei einem Wasserbedarf von ca. 290 l/E\*d etwa 2,8 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser [41] [97]. Der angegebene Wasserbedarf eines Gastes in einem Hotel gilt für First-Class- und Business-Hotels. Der Wasserbedarf korreliert mit der Ausstattung und den Komforteinrichtungen (z. B. Hallenbad, Wellness). Für die jeweiligen Ansätze liegen keine exakten Zahlenwerte vor, es handelt sich hier um Näherungsangaben. In Gemeinden mit einem geringen Infrastrukturanteil und einem hohen Auspendleranteil ist der Wasserbedarf entsprechend vermindert, was den Eindruck verstärkt, dass in den Städten überproportional viel mehr Trinkwasser verbraucht wird.

### 4.1.2 Nichtöffentliche Wasserversorgung

Die Berichte des Hessischen Statistischen Landesamtes (2018) liefern einen Überblick über die in Frankfurt am Main gewonnenen Wassermengen im Jahr 2016, aufgesplittet nach nichtöffentlicher und öffentlicher Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Aktuellere Zahlenwerte liegen nicht vor, da die Statistik im 3-Jahres-Rhythmus fortgeschrieben wird [91]. Mit einer aktualisierten Fassung, beruhend auf Werte des Jahres 2019, ist Mitte 2021 zu rechnen [99]. Unter den Begriff nichtöffentliche Wasserversorgung wird auch die Betriebswassernutzung subsumiert. Aus Datenschutzgründen besteht keine Möglichkeit, die im Weiteren angeführten Datensätze weiter herunterzubrechen. Daher können an dieser Stelle die Angaben im Einzelnen nicht nachvollzogen und erklärt werden.

In Frankfurt am Main wurden durch Unternehmen, die nicht zur öffentlichen Wasserversorgung zählen, 320,6 Mio. m<sup>3</sup> Wasser gefördert. Davon entfallen 312,3 Mio. m<sup>3</sup> auf Flusswasser, 2,6 Mio. m<sup>3</sup> auf Uferfiltrat und angereichertes Grundwasser sowie 5,7 Mio. m<sup>3</sup> auf Grund- und Quellwasser. Über die Eigenförderung hinaus werden ca. 5,7 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser aus dem Netz der öffentlichen Trinkwasserversorgung bezogen. Die Abgabemenge von Trinkwasser an Industrie- und Gewerbekunden ist im Vergleich zu den benötigten Wassermengen in den industriellen Prozessen als gering einzustufen. Zusätzlich wurde Betriebswasser in einer Höhe von 64,8 Mio. m<sup>3</sup> von Dritten außerhalb des Stadtgebiets bezogen.

Der Umsatz der nichtöffentlichen Wasserversorgung im Stadtgebiet von Frankfurt am Main beträgt insgesamt 391,1 Mio. m<sup>3</sup>. Dieses Wasser wird vorrangig für die Kühlung von Produktions- und Stromerzeugungsanlagen und die Produktion, nachrangig für die Belegschaft eingesetzt [91].

### 4.1.3 Sonstige Grundwasserentnahmen

Eine übergreifende behördliche Statistik existiert zu sonstigen Grundwasserentnahmen nicht. Auskünfte zu permanenten oder zeitlich befristeten Nutzungen von Grundwasser liegen der Oberen Wasser- und Bodenschutzbehörde beim Regierungspräsidium Darmstadt und der Unteren Wasserbehörde der Stadt vor und können dort angefragt werden. Die Obere Wasserbehörde beim RP Darmstadt führt das Wasserbuch, in dem u. a. alle Genehmigungen zur Entnahme von Grundwasser dokumentiert werden und das beim Regierungspräsidium Darmstadt eingesehen werden kann.

Im Rahmen von wasserrechtlichen Genehmigungen, die in der Zuständigkeit der Unteren Wasserbehörde liegen, wurden im Jahr 2016 bei 32 Baumaßnahmen ca. 2.268.000 m<sup>3</sup> Grundwasser aus dem Untergrund entnommen. Die bei Baumaßnahmen entnommenen Mengen variieren sehr stark, da sie vom Umfang der Projekte, vom Baufortschritt und von den sich durch die Witterung einstellenden Grundwasserständen abhängig sind. 2018 reduzierte sich die entnommene Grundwassermenge auf ca. 1.145.000 m<sup>3</sup>, mit sinkender Tendenz. Das geförderte Grundwasser wurde zum Großteil dem natürlichen Wasserkreislauf, nämlich über die Regenwasserkanalisation den Gewässern oder über Versickerungsbauwerke dem Grundwasser, direkt wieder zugeführt.

Im Rahmen von Schutz- und Sanierungsmaßnahmen aufgrund von Altlasten wurden 2016 im Stadtgebiet von Frankfurt am Main ca. 7.650.000 m<sup>3</sup> Grundwasser entnommen. Das entnommene Grundwasser wurde in der Regel aufbereitet, versickert oder in Oberflächengewässer abgeschlagen [68].

2016 wurden vom Regierungspräsidium Darmstadt im Stadtgebiet von Frankfurt am Main 43 Wasserrechtsbescheide geführt. Die Gestattungsmenge der landwirtschaftlichen, gewerblichen und industriellen Grundwasserentnahme belief sich auf ca. 2,5 Mio. m<sup>3</sup>/a plus eine Erlaubnis mit unbegrenzter Entnahmemenge. 2016 wurden gemäß den Angaben der Oberen Wasserbehörde von den 43 Bescheidinhabern ca. 1,2 Mio. m<sup>3</sup> entnommen [100].

Zu beachten ist, dass Mehrfachzählungen der angegebenen Wassermengen nicht auszuschließen sind, da aus Datenschutzgründen nicht alle Angaben, auch die aus Kap. 4.1.2 Nichtöffentliche Wasserversorgung, verifiziert werden konnten bzw. uneinheitliche Datenbestände nur eine grobe Abschätzung zulassen. Aus diesem Grund ist es auch nicht zulässig, die in den Unterkapiteln 4.1.1, 4.1.2 und 4.1.3 angegebenen Wassermengen zu addieren und als Gebietsumsatz zu definieren.

### **4.1.4 Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main**

In Frankfurt am Main wird durch die Ämter, Eigenbetriebe, Gesellschaften und Beteiligungen der Stadt Betriebswasser in unterschiedlicher Art und Weise gewonnen und eingesetzt. Die Gewinnung von Betriebswasser erfolgt aus Regen-, Grund-, Oberflächen- und Grauwasser.

Das Betriebswasser wird dabei an unterschiedlichen Stellen im Stadtgebiet gewonnen und eingesetzt. Eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Förderanlagen zur Gewinnung von Grundwasser, Mainwasser und Uferfiltrat im Stadtgebiet, liefert die nachfolgende Abbildung [101]. Nicht dargestellt werden in der Abbildung die durch die Ämter, Eigenbetriebe, Gesellschaften und Beteiligungen der Stadt betriebenen Regenwassernutzungs- und Grauwasseraufbereitungsanlagen [102].

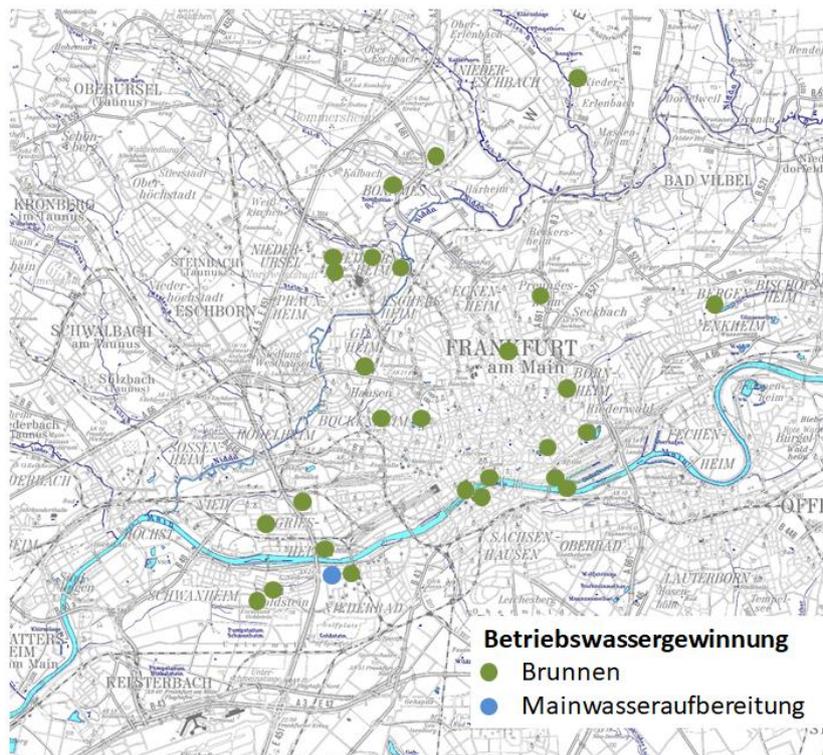


Abb. 23: Betriebswasserentnahmestellen im Stadtgebiet von Frankfurt am Main [101] [102]

Im Stadtgebiet werden ca. 50 Regenwassernutzungsanlagen (vor allem Zisternen) von der Stadt Frankfurt am Main betrieben. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen noch nicht alle Angaben vollständig vor. Das in den Anlagen gespeicherte Betriebswasser wird in der Haustechnik (z. B. Toilettenspülung), zur Bewässerung von Vegetationsflächen oder zur Verwendung in nachrangigen technischen Prozessen (z. B. Reinigung) eingesetzt. Die Zisternen fallen bei länger anhaltenden niederschlagsarmen Witterungsbedingungen trocken. Eine Nachspeisung erfolgt üblicherweise mit Trinkwasser. Bei Regenereignissen tragen Standardzisternen in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Füllstandes zur Abpufferung von Niederschlagsereignissen und damit zur Entlastung der Mischwasserkanalisation bei. Davon profitiert auch die Regenwasserkanalisation mit den dazugehörigen Bauwerken sowie den angeschlossenen Gewässern. Zur Abpufferung von extremen Starkregenereignissen sind sie aber nur bedingt geeignet.

Aufgrund der vorliegenden Daten kann angenommen werden, dass vonseiten der Stadt Frankfurt am Main Betriebswasser, gewonnen aus Regen-, Grund-, Oberflächen- und Grauwasser, in einer Größenordnung von mindestens 3,9 Mio. m<sup>3</sup> zur Grundwasseranreicherung, zur Bewässerung, zur sanitären Nutzung und im Rahmen unterschiedlicher technischer Prozesse eingesetzt wird. Es kann angenommen werden, dass der tatsächliche Anteil des eingesetzten Betriebswassers nach Abschluss der Datenerhebung auf ca. 4,5 Mio. m<sup>3</sup> ansteigen wird [101]. Der aktuelle Stand in der Erhebung (November 2020) wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

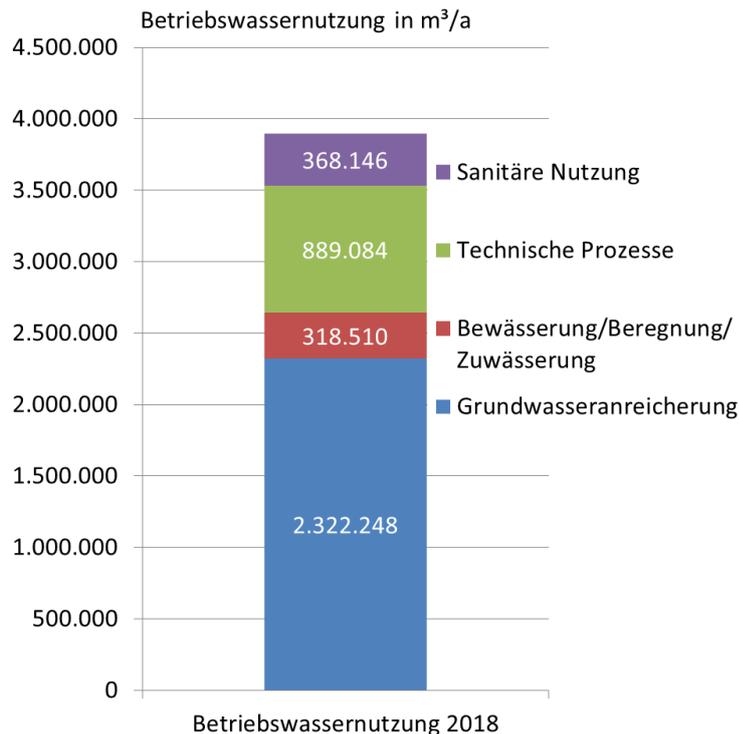


Abb. 24: Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main [101] [102]

Die Stadt Frankfurt verfügt über eine Vielzahl an städtischen Sportanlagen für den Trainings- und Wettkampfbetrieb. Diese Sportstätten sind mit Natur- und Kunstrasenplätzen ausgestattet. Zur Bewässerung der Sportflächen wird neben Trinkwasser auch Betriebswasser in Form von aufbereitetem Oberflächenwasser des Mains und Grundwasser eingesetzt [101]. Durch die fortschreitende Umstellung von Natur- auf Kunstrasenplätze wird durch den geringeren Wasserbedarf langfristig eine Reduzierung der erforderlichen Bewässerungsmengen erfolgen. Unter der Annahme von hohen sommerlichen Temperaturen und einem kontinuierlichen wöchentlichen Spielbetrieb ergibt sich rein rechnerisch ein Einsparpotential von bis zu 400.000 l gegenüber der Bewässerung eines Naturrasenplatzes, da ein Kunstrasenplatz nur für den Spielbetrieb bewässert werden muss. Weitere Einsparungen ergeben sich aus nutzungsfreien Zeiten, in denen keine Bewässerung der Kunstrasenplätze erfolgt. Der Naturrasenplatz muss selbstverständlich auch dann weiter bewässert werden [101]. Die Qualität des einzusetzenden Wassers wird durch die aktuell gültige DIN 18035-2 zur Bewässerung von Sportplätzen geregelt. Das zur Bewässerung von Sportplätzen eingesetzte Wasser muss den technischen, hygienischen und pflanzenphysiologischen Anforderungen im Hinblick auf den jeweiligen Einsatzbereich und –zweck genügen und erfordert fast Trinkwasserqualität [103].

Zur Bewässerung der Friedhöfe im Stadtgebiet wird neben Trinkwasser auch auf Betriebswasser in Form von Grundwasser, aufbereitetem Oberflächenwasser des Mains und Regenwasser zurückgegriffen. Auf den Friedhöfen wurde Trinkwasser im Jahr 2018 in einer Menge von ca. 120.000 m³ eingesetzt [101].

Zur Bewässerung von Grünflächen wird Wasser unterschiedlicher Qualität und Herkunft eingesetzt. In Abhängigkeit von der Lage der Grünflächen wird auf Betriebswasser aus aufbereitetem Oberflächenwasser des Mains, aus Uferfiltrat des Mains sowie auf Grund- und Trinkwasser zurückgegriffen. Zur Bewässerung von Grünanlagen und hier insbesondere Jungbäumen wurde 2018 Trinkwasser in einer Größenordnung von ca. 57.000 m<sup>3</sup> bezogen [101].

Allgemein gilt, dass Daten zur Betriebswassernutzung bei der Stadt Frankfurt am Main in unterschiedlicher Qualität und Auflösung vorliegen.

### 4.2 Prognose Wasserbedarf 2030

Der Wasserbedarf folgt einerseits der Bevölkerungsentwicklung und dem wirtschaftlichen Wachstum sowie andererseits den Jahreszeiten und der Witterung. Unter dem Durchschnitt liegt der Wasserbedarf in den Wintermonaten, während dieser im Sommer tendenziell oder bei sonnig-warmem Wetter im Frühjahr bzw. im Herbst über dem Durchschnitt liegt. Ein besonders hoher Wasserbedarf tritt in längeren Hitzeperioden und bei anhaltender Trockenheit auf. In einem einzelnen Trockenjahr steigt der Verbrauch gegenüber einem Normaljahr um bis zu 5 % an. Bei einer Abfolge von mehreren Trockenjahren steigt der Wasserbedarf, insbesondere durch den zunehmenden Bewässerungsbedarf, von Jahr zu Jahr an. In einem Normaljahr entspricht der Wasserbedarf dem langjährigen Trend und wird maßgeblich vor allem durch die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst. In Nassjahren entfällt die Bedarfszunahme in den Sommermonaten, sodass ohne Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung der Wasserbedarf niedriger ist als in einem Normaljahr.

Trockenjahre treten statistisch in Deutschland bisher in einer Zeitspanne von 10–15 Jahren auf (zuletzt 1976, 1989–1991, 2003, 2018 und 2019). Das Trockenjahr 2018 wurde in seinen Auswirkungen auf den Wasserbedarf analysiert und bewertet, um die aktuelle Trendentwicklung aufgrund des Bevölkerungswachstums abzugrenzen und die Erkenntnisse in der Prognose zu berücksichtigen. Es ist davon auszugehen, dass infolge des Klimawandels Trockenjahre und Trockenperioden zukünftig im Prognosehorizont und über das Jahr 2030 hinaus häufiger auftreten werden. Jedoch kann dies durch die bestehenden Klimamodelle derzeit nicht präzise prognostiziert werden [55].

Es ist davon auszugehen, dass der anhaltende Strukturwandel im produzierenden Gewerbe einen signifikanten Einfluss auf den Trinkwasserbedarf haben wird. Im Zuge des Trends der Verlagerung vom produzierenden Gewerbe hin zum Dienstleistungssektor werden zukünftig voraussichtlich Verbrauchsanteile im Dienstleistungsbereich zunehmen.

Mit einem Förderprogramm für Investitionen und Beratungsmaßnahmen soll der Aufheizung der Stadt u. a. durch die Begrünung von Fassaden und Dächern („Frankfurt frischt auf“) entgegengewirkt werden. Der Effekt auf den Wasserbedarf wird aber als eher gering eingeschätzt. Neben „Frankfurt frischt auf“ ist zukünftig davon auszugehen, dass zusätzliche Maßnahmen (z. B. „Stärkung der blau grünen Infrastruktur“) ergriffen werden, die langfristig zur Minderung des Wasserbedarfs bei der Bewässerung beitragen könnten.

Die oben beschriebenen Einflussfaktoren sind bei der Bewertung des zukünftigen Wasserbedarfs zu berücksichtigen.

### 4.2.1 Prognose öffentliche Trinkwasserversorgung

Der zukünftige Trinkwasserbedarf wird maßgeblich von der Bevölkerungsentwicklung, dem Wirtschaftswachstum und dem Klimawandel beeinflusst. Bei einer Bewertung des Pro-Kopf-Bedarfs ist zu berücksichtigen, dass dort auch die Verbräuche der Sektoren Industrie/Gewerbe und Eigenbedarf/Verluste enthalten sind. Der Pro-Kopf-Verbrauch errechnet sich aus der Summe aller Sektoren einschließlich Kleingewerbe, geteilt durch die Bevölkerungsanzahl (siehe Kap. 4.1.1 Öffentliche Trinkwasserversorgung).

Bei der Prognose bis 2030 wird angenommen, dass die bisherige Wasserversorgungsinfrastruktur weitgehend unverändert bleibt. Eine potenzielle Systemergänzung durch vermehrte Umsetzung von Betriebswassersystemen auch in den Wohnbereichen wird in dieser Zeitachse nur geringfügige Bedarfsveränderungen mit sich bringen. Mögliche Einführungen in neuen Baugebieten werden – wenn überhaupt – erst mittelfristig erkennbare Einsparungseffekte ergeben. Eine Umsetzung im Bestand ist durch den komplexen Umbau mit sehr hohen Investitionen verbunden und oftmals technisch nur bedingt möglich. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl Transport- und Versorgungsleitungen in den Straßen bzw. Grundstücken als auch ein zweites Betriebswasserleitungsnetz in bestehenden oder neuen Gebäuden zu verlegen wäre. Langfristig wird der mögliche Einspareffekt durch die Nutzung von Betriebswasser wohl durch den ansteigenden Anteil an Einpersonenhaushalten, die Zunahme an Übernachtungsgästen und den stetig steigenden Anteil an Berufseinspendlern aufgezehrt werden.

Berücksichtigt wird in der Prognose des Wasserbedarfs die Bevölkerungsvorausberechnung des Bürgeramtes der Stadt für das Jahr 2030 [50] und der ausgewiesene Trinkwasserbedarf für das Jahr 2018 von 54,3 Mio. m<sup>3</sup>. In Anhang 2 der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser wird ein mittlerer Bedarf von 190,5 l/E\*d in Frankfurt am Main für das Jahr 2016 berechnet [104]. Gegenüber dem Jahr 2016 ist das Jahr 2018 als Trockenjahr zu bezeichnen, d. h., der Bedarf in l/E\*d war folglich höher. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Bevölkerungszahl und der Abgabemengen hat sich 2018 gegenüber dem Jahr 2016 der Bedarf um 3,7 % auf 197,6 l/E\*d erhöht. Die Berechnung des mittleren Pro-Kopf-Bedarfs in der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser beruht auf den Angaben der Einwohnerzahlen des Hessischen Statistischen Landesamtes für die Stadt Frankfurt am Main. Unter Berücksichtigung der vom Bürgeramt gemeldeten Bevölkerungszahl am 31.12.2018 liegt der mittlere Bedarf um 1,3 l/E\*d höher (198,9 l/E\*d) als in der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser. Der veranschlagte Bedarf im Jahr 2030 von maximal 201 l/E\*d basiert auf den Angaben in Anhang 2 der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises. Für den Prognosezeitraum 2030 wird ein verändertes Verbraucherverhalten und eine Zunahme von Einpersonenhaushalten angenommen [55] [104].

Zur Berücksichtigung von Trockenjahren (TJ) wird die Wasserbedarfsprognose mit einem Aufschlag von 5 % versehen. Dieser Ansatz hat sich in den Trockenjahren 2003 und 2018 bestätigt. Es wird angenommen, dass damit Mehrbedarfe aufgrund von Stadtentwicklungen (vor allem neue Wohngebiete und Nachverdichtungen), aber auch Einsparungen aufgrund von Substitutionsmaßnahmen inkludiert sind.

Tiefer gehende Bewertungen und Variantenbetrachtungen, beruhend auf unterschiedlichen Entwicklungsszenarien des Pro-Kopf-Bedarfs und der Bevölkerungsentwicklung, können aus der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser entnommen werden [55].

Die Entwicklung des Wasserbedarfs im Jahr 2030 ausgehend vom Basisjahr 2018 mit den hinterlegten Eingangsgrößen kann aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden [105].

Bevölkerung (E)		Pro-Kopf-Bedarf (l/E*d)		Wasserbedarf (Mio. m <sup>3</sup> /a)		
2018	2030	2018	2030	2018	2030 NJ	2030 TJ
Bestand Bürgeramt [42]	Bürgeramt [50]	Ergebnis aus Mio. m <sup>3</sup> / Bevölkerung	Anhang 2 Be- darfsnachweis [104]	Bestand [95]	Hochrechnung	Hochrechnung NJ inkl. 5 % Trocken- zuschlag
747.848	810.084	198,9	201	54,3	59,4	62,4

Tab. 9: Prognose des Trinkwasserverbrauchs 2030 in einem Normal- und einem Trockenjahr [105]

Der zukünftig unter mittleren Bedingungen in einem Normal- und einem Trockenjahr im Prognosehorizont 2030 zu erwartende Wasserbedarf kann durch die bestehenden Anlagenkapazitäten, Optimierungsmaßnahmen im vorhandenen Anlagenbestand und weiteren technischen Infrastrukturprojekten von Hessenwasser sicher dargestellt werden [55].

Eine über das Jahr 2030 hinausgehende Wasserbedarfsprognose liegt derzeit noch nicht vor, da einerseits nur wenige Bevölkerungsprognosen für längere Zeiträume vorliegen und andererseits im langfristigen Trend der Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs verschiedene noch nicht abgesicherte Variationsmöglichkeiten bestehen, insbesondere im Hinblick auf mögliche Auswirkungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel.

Vor diesem Hintergrund ist eine weitere Präzisierung des Wasserbedarfs über 2030 hinaus derzeit nicht sinnvoll und belastbar möglich. Stattdessen sind laufende Begutachtungen, z. B. durch die WRM, abzuwarten und bei einer Fortschreibung des Wasserkonzeptes zu berücksichtigen.

Festgehalten werden kann, dass der Trinkwasserbedarf in Frankfurt am Main zukünftig weiter ansteigen wird. Neuere Erkenntnisse über Höhe und Bandbreite des Trinkwasserbedarfs wird die Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises liefern. Der

Wasserbedarfsnachweis wird von Hessenwasser in einem 3- bis 5-jährigen Turnus fortgeschrieben. Mit Vorlage neuer Wasserbedarfsprognosen ist 2022 zu rechnen.

### **4.2.2 Prognose nichtöffentliche Wasserversorgung**

Fehlende Anforderungen zu Berichtspflichten und nicht vorliegende übergeordnete Auswertungen erlauben keine aktuellen Prognosen über die Entwicklung des Wasserbedarfs von Industrie, Groß- und Kleingewerbe und landwirtschaftlichen Betrieben.

### **4.2.3 Prognose Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main**

In der Prognose erfolgt eine Fortschreibung der in Kap. 4.1.4 Betriebswassernutzung durch die Stadt Frankfurt am Main für das Jahr 2018 dokumentierten Nutzungen. Die Prognose erfolgt auf Grundlage der von den städtischen Ämtern, Betrieben und Gesellschaften sowie den Unternehmen mit städtischer Beteiligung gelieferten Angaben zu den wasserrechtlich genehmigten Entnahmemengen, der für den weiteren Ausbau der Trinkwassergewinnung benötigten Infiltrationsmengen und der Umsatzmengen der aktuell im Einsatz befindlichen Regen- und Grauwassernutzungsanlagen. In der Prognose der Betriebswassernutzungen im Jahr 2030 ist folglich nur der erforderliche Mehrbedarf der aktuell in Betrieb befindlichen Anlagen und im geringen Umfang die Realisierung von Neuanlagen, die in den nächsten Jahren umgesetzt werden, enthalten. Für das Jahr 2030 wird angenommen, dass der Betriebswasserbedarf auf ca. 10,4 Mio. m<sup>3</sup>/a ansteigen wird. Dies würde gegenüber dem Bezugsjahr 2018 eine Steigerung um 6,5 Mio. m<sup>3</sup>/a bedeuten. In der nachfolgenden Abbildung erfolgt eine Gegenüberstellung der vorhandenen Betriebswassernutzung im Jahr 2018 und in der Prognose für 2030.

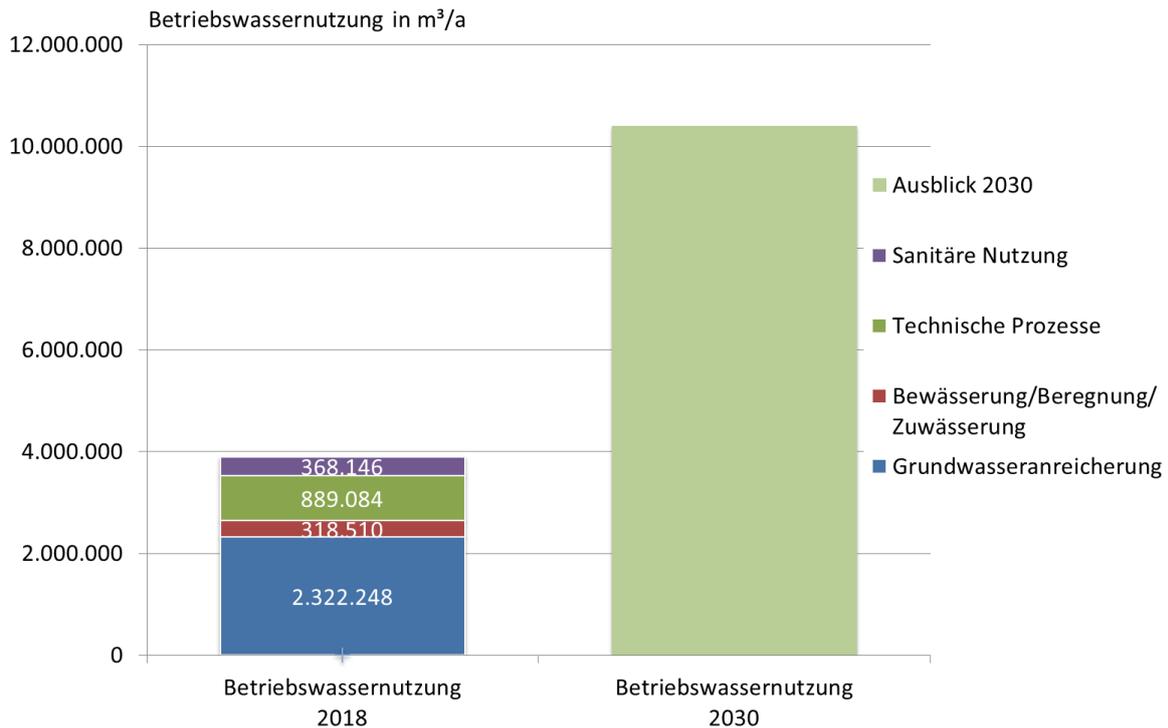


Abb. 25: Nutzung von Betriebswasser zur Trinkwassersubstitution durch die Stadt Frankfurt am Main [101]

Nach Einführung der getrennten Abwassergebühr (unterschiedliche Gebührensätze für Schmutz- und Niederschlagswasser) zum 01.01.2019 ist zu erwarten, dass sich der Umgang mit Regenwasser, insbesondere in Ein- und Zweifamilienhäusern und im industriellen/gewerblichen Bereich, sukzessive ändert. So zahlt es sich nun im Gegensatz zu vorher, wo die Abwassergebühr ausschließlich über den Frischwasserverbrauch berechnet wurde, aus, die Flächen, die ins öffentliche Kanalnetz entwässern, zu entsiegeln bzw. das anfallende Wasser zu versickern. Da hieraus aber nicht unbedingt eine höhere Betriebswassernutzung resultiert und es sich zudem um Privatanlagen handelt, kommt dieser Ansatz in der Betriebswasserprognose nicht zum Tragen. Es wird erwartet, dass zukünftig im Rahmen von Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen Überlegungen zur Flächenentsiegelung und zur Nutzung von Regenwasser stärker in den Fokus geraten. Im Bereich der Gebührenregelung zur Regenwassernutzung hat die Stadt zusätzliche Anreize vorgesehen, wie beispielsweise den Verzicht auf einen zusätzlichen Regenwasserzähler.

### 4.2.4 Prognose Trinkwassersubstitutionspotenzial

Nach Definition der Trinkwasserverordnung [8] dient Trinkwasser zum Verzehr, zur Zubereitung von Speisen und Getränken, zur Körperpflege und -reinigung sowie zur Reinigung von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen und die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen. Der größte Teil des täglich verbrauchten Trinkwassers wird für die Körperpflege und für sanitäre Anlagen aufgewendet.

Zur Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs sollte daher vor allem für die Verbrauchssektoren sanitäre Anlagen, Reinigung und Bewässerung Betriebswasser eingesetzt werden. Unter Reinigung werden alle Tätigkeiten verstanden, bei denen keine Trinkwasserqualität (z. B. Außenflächen, Autopflege) benötigt wird.

In der nachfolgenden Abbildung wird der Wasserbedarf in l/E\*d (gesamt) und unterteilt nach Trink- und Betriebswasserbedarf dargestellt. In der ersten Säule wird der Trinkwasserbedarf unterteilt nach der Art der Nutzung, in der zweiten Säulen werden alle die für den Trinkwassereinsatz erforderlichen Tätigkeiten zusammengefasst, in der 3. Säulen werden die für eine Betriebswassernutzung möglichen Einsatz-zwecke aufgeführt. Aus hygienischer Sicht in Verbindung mit den Anforderungen der TrinkwV wurde vom generellen Einsatz von Betriebswasser zur „Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen“, Abstand genommen (Textilwaschmaschine). Der Nutzer von Betriebswasser ist aber letztlich eigenverantwortlich, an welches System in Abhängigkeit der Wasserqualität die Waschmaschine angeschlossen wird.

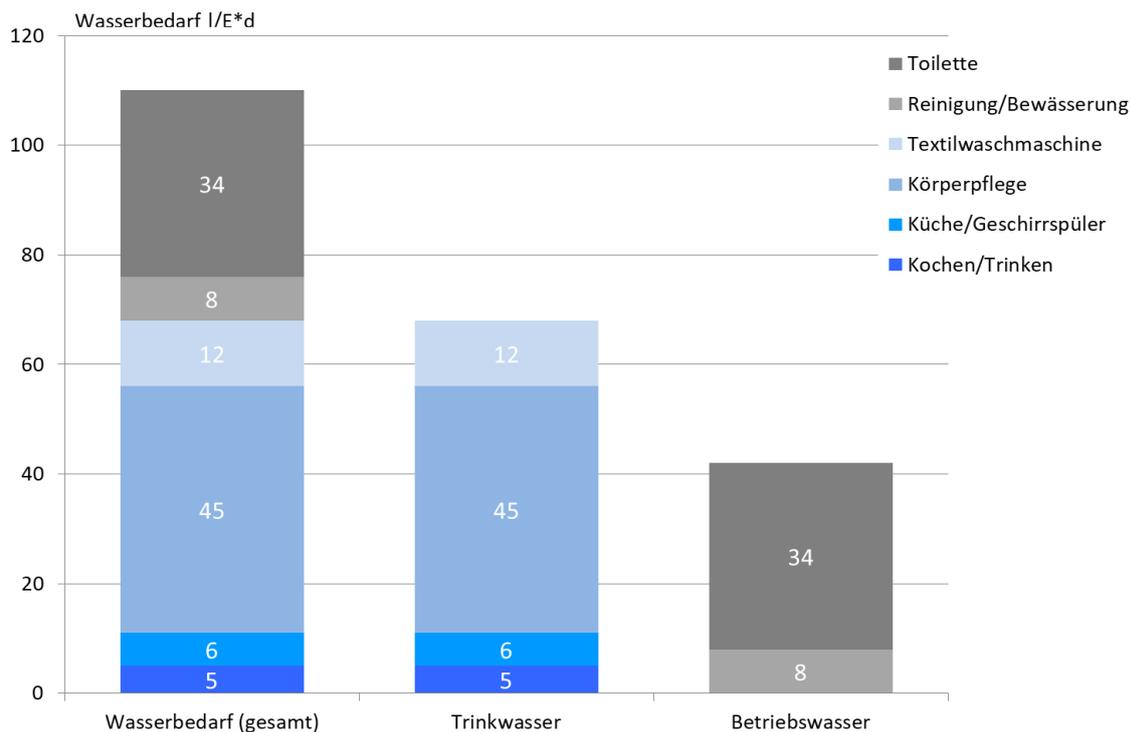


Abb. 26: Nutzung von Trink- und Betriebswasser (in Anlehnung an [55])

Rechnerisch können die größten und schnellsten Einspareffekte in den Haushalten – auf die in Frankfurt am Main ca. 80 % des Gesamtverbrauchs entfallen – vor allem in Bereichen mit hoher Bevölkerungsdichte erzielt werden. In Neubaugebieten kann durch die Vorgabe der Nutzung von Betriebswasser ein flächendeckender Einspareffekt von Trinkwasser erreicht werden. Im Bestand sind solche Maßnahmen dagegen nur bei anstehenden Umbaumaßnahmen (z. B. Erneuerung von Versorgungs- und Entsorgungsleitungen) technisch und wirtschaftlich sinnvoll. Betriebswasser kann vor Ort aus Regen-, Grund-, Oberflächen- oder Grauwasser gewonnen werden. Eine Alternative kann der Bezug von aufbereitetem Mainwasser von Hessenwasser darstellen. Insgesamt wäre theoretisch ein maximaler Einspareffekt pro Einwohner\*in von ca. einem Drittel des eingesetzten Trinkwassers, dies entspricht rund 42 l Trinkwasser/E\*d, erreichbar.

Bei der Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass infolge der Nutzung dieser Anlagen sich der jahresdurchschnittliche Verbrauch an Trinkwasser einerseits verringert. In Trockenperioden andererseits erhöht sich in der Regel der bereits überdurchschnittlich hohe Tagesverbrauch an Trinkwasser, da dann die Kapazität der Regenwasserspeicher ausgeschöpft ist und zusätzlich Trinkwasser aus dem Netz nachgespeist werden muss. Dies ist vor allem bei der Auslegung des Trinkwassernetzes zu beachten.

Im Rahmen der Erstellung von Betriebswasserkonzepten ist zu beachten, dass generell die Anforderungen zur Löschwasservorhaltung und die gesetzlichen Anforderungen für den Bau

und Betrieb der damit verbundenen technischen Anlagen zur Betriebswassererzeugung zu berücksichtigen sind.

Die Mengenabgabe der Mainwasseraufbereitungsanlage von Hessenwasser in Niederrad wird vom Abnahmeverhalten der Unternehmen gesteuert. Eine Ausweitung der Betriebswasserlieferung ist grundsätzlich technisch und genehmigungsrechtlich möglich. Hierzu wären Investitionen in die bestehende Aufbereitungsanlage, in den weiteren Ausbau des Leitungsnetzes und die erforderlichen Entnahmestellen notwendig.

Bei einer Nutzung von Betriebswasser ist zu beachten, dass Anlagen zur Substitution von Trinkwasser über eine hohe Betriebssicherheit verfügen müssen, da ansonsten diese Anlagen von Eigentümer\*innen und Mieter\*innen nicht akzeptiert werden. Die Akzeptanz resultiert aus der Gewohnheit des Einzelnen, dass immer und überall Wasser in ausreichendem Druck und einwandfreier Qualität vorhanden ist.

### 5 Wasserbilanz

Das historisch gewachsene Versorgungssystem in Frankfurt am Main ist eng mit dem heutigen technischen Leitungsverbund verflochten und ermöglicht somit eine Bilanzierung auf Basis einer Gesamtbetrachtung des Verbundsystems. In der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises [55] mit den dort hinterlegten Randparametern erfolgt eine auf das Versorgungsgebiet von Hessenwasser bezogene Bilanzierung des Wasserumsatzes. Der regionale Wasserbedarfsnachweis beinhaltet alle maßgeblichen dargebots- und bedarfsseitigen Kenndaten, die eine diesbezügliche Bilanzierung, bezogen auf die Trinkwasserversorgung, ermöglichen. Unzureichende Datensätze aus dem Bereich der nichtöffentlichen Wasserversorgung, die Grund- und Oberflächenwasser im Stadtgebiet entnimmt, die Bewertung des Versiegelungsgrads im Hinblick auf die potenzielle Grundwasserneubildungsrate und sonstige für eine erweiterte Bilanzierung wichtige Eingangsgrößen (wie z.B. Grundwasserstände) liegen nicht vor, sodass auch dadurch eine umfassende Bilanzierung des Wasserumsatzes im Stadtgebiet derzeit nur mit einem unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich wäre.

#### 5.1 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergeben sich aus den hydrogeologischen Grundlagen, der witterungsbedingten jährlichen Variabilität und den davon gemäß Wasserrechten dauerhaft sowie ökologisch verträglich nutzbaren Mengen.

Höchste Bedeutung für das Stadtgebiet haben die Stadtwaldwasserwerke von Hessenwasser, die damit exemplarisch auch für die Gesamtsituation stehen. Das Regierungspräsidium Darmstadt hat mit dem Bescheid vom 06.07.2005 Hessenwasser verpflichtet, einen jährlichen Monitoringbericht über die Mainwasserentnahme, die Infiltration und die Grundwassergewinnung der Stadtwaldwasserwerke jeweils über den Vorjahreszeitraum vorzulegen.

Vorgestellt werden die aktuellen Monitoringergebnisse für den Stadtwald im Trockenjahr 2018 [106]. Die witterungsbedingten Angaben beziehen sich auf das hydrologische Jahr. Es wird in ein Winterhalbjahr (November des Vorjahres bis April) und ein Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) unterteilt. Diese Unterteilung wird konventionsgemäß gewählt, um die für das aktuelle Jahr relevante natürliche Grundwasserneubildungsperiode (gesamtes Winterhalbjahr) vollständig zu erfassen und der sommerlichen, natürlichen Grundwasserzehrungsperiode in einer Jahresbilanz gegenüberstellen zu können sowie mit der aufgrund der Versickerungsperiode zeitversetzt im Kalenderjahr messbaren Grundwasserbewegung zu korrelieren. Die qualitative Entwicklung ist in Kap. 3.6.4 Beschaffenheit Oberflächen-, Infiltrations- und Grundwasser enthalten.

Das hydrologische Jahr 2018 erreicht aufgrund des sehr trockenen Sommerhalbjahres das Kriterium für ein Trockenjahr. Mit einer Niederschlagshöhe von 489 mm fiel das Wasserwirtschaftsjahr 2018 gegenüber dem langjährigen Mittel (ca. 660 mm) unterdurchschnittlich aus (-26 %). Das Winterhalbjahr 2018 (November 2017 bis April 2018) war mit 352,6 mm überdurchschnittlich nass (+16,5 %), das Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober 2018) mit 136,4 mm

lag deutlich unterhalb des Durchschnitts und wies die geringste Menge seit Messbeginn 1974 auf.

Die Sickerwasserspende erfolgte im Wesentlichen von Dezember 2017 bis Mai 2018. Im hydrologischen Jahr 2018 war die Sickerwasserspende mit 197,7 mm leicht unterdurchschnittlich (–14 %). Mit 185,8 mm wurde der überwiegende Anteil im Winterhalbjahr gemessen.

Für die Grundwasserbewirtschaftung ist die Entwicklung der Grundwasserstände, in der sich sämtliche Einflüsse in ihrer komplexen räumlichen und zeitlichen Interaktion widerspiegeln, maßgeblich.

Im Einzugsgebiet der Stadtwaldwasserwerke existieren weitere Grundwasserentnahmen, die etwa hälftig der öffentlichen Trinkwasserversorgung, aber auch der privaten Versorgung von Betrieben mit Betriebswasser dienen. Teilweise erfolgt die Grundwasserentnahme auch im Rahmen dauerhafter Grundwassersanierungsmaßnahmen. Daneben bestehen Einzelbrunnen zur Gewinnung von Betriebs- und Beregnungswasser, vor allem in den Ortsteilen der südlichen Ortsteile der Stadt Frankfurt am Main. Temporäre Wasserhaltungsmaßnahmen sind nahezu regelmäßig mit größeren Bauvorhaben im Bereich der Bürostadt Niederrad anzutreffen, sodass daraus auch temporäre Einflüsse im Stadtwald und den dort befindlichen GWM möglich sind.

Die vom Förderbetrieb weitestgehend unbeeinflusste GWM G04570 im Stadtwald zeigte bis zum Jahresende 2018 witterungsbedingt einen deutlichen Rückgang auf ein relativ tiefes natürliches Grundwasserstandsniveau an.

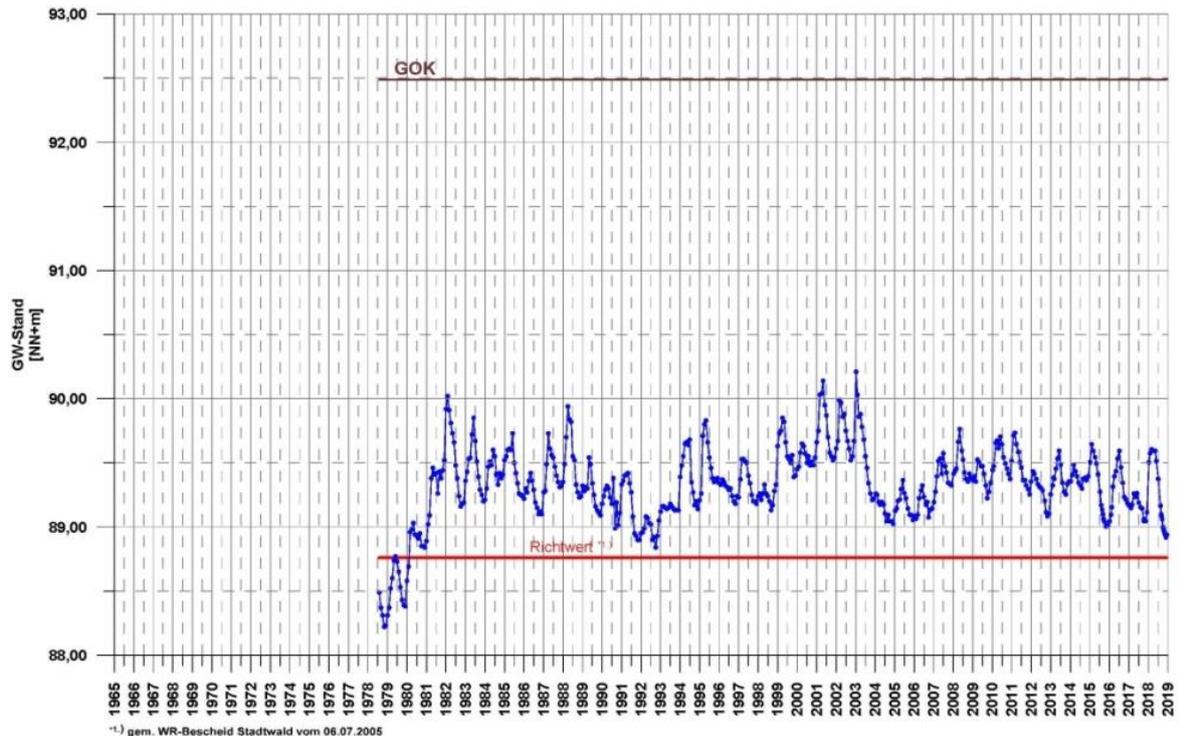


Abb. 27: Grundwasserstands-niveau an der Grundwassermessstelle G04570 [106]

Abseits des Einflusses der Grundwassersanierungsanlagen im Bereich des Flughafens liegen die Grundwasserstände der GWM um die Stadtwaldwasserwerke aufgrund der aktiven Grundwasserbewirtschaftung zumeist im mittleren Bereich der zulässigen Grundwasserstandsbandbreite. Die geltenden Maßnahmen- und Eingriffswerte des aktuell gültigen Bescheids wurden auch im Trockenjahr 2018 jederzeit eingehalten, ebenso die gültigen Korridorwerte.

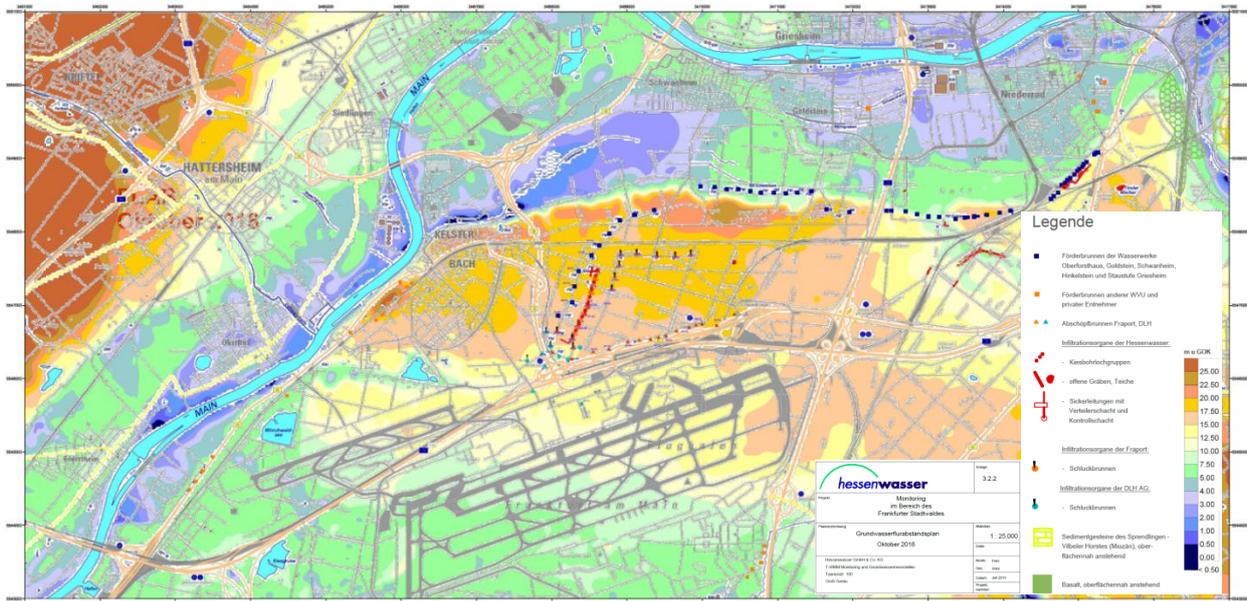


Abb. 28: Grundwasserflurabstandsplan im Bereich der Stadtwaldwasserwerke im Oktober 2018 [106]

Im Grundwasserflurabstandsplan bilden sich die stärker variablen Geländehöhen in der Regel stärker ab als die witterungsbedingte Schwankungsbreite der Grundwasserstände (ca. 2 m). So ist auch im Grundwasserflurabstandsplan die morphologisch bedingte Gliederung in die grundwasserfernen Bereiche der Kelsterbacher Terrasse und des flurnah anstehenden Grundwassers im Bereich der Schwanheimer Wiesen sowie der jüngsten Mainterrassen abgebildet. Der Einfluss der Infiltrationen im Vorfeld des WW Goldstein sowie im südlichen Bereich beim WW Hinkelstein wirkt sich demgegenüber nur schwach durch örtlich leicht verringerte Flurabstände aus. Die Flurabstände haben sich 2018 gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Sie variieren zwischen ca. 15 m bis über 20 m (Kelsterbacher Terrasse, Bereich zwischen Gehspitzweiher und Flughafen). In der Nähe des Mains und in den Schwanheimer Wiesen sind es verbreitet weniger als 3 m. Im westlichen Teil der Schwanheimer Wiesen tritt auch 2018 zeitweise Grundwasser in den Kelsterbach aus. Es steigt in den angrenzenden Riedwiesen bei hohen Grundwasserständen auf Geländehöhe an.

Die Stadtwaldwasserwerke erfüllen ihre Funktion für die Versorgung hinsichtlich der Tages-, Monats- und Jahresspitzen und gleichzeitig werden durch angepasste Bewirtschaftung zu- meist noch nahezu mittlere Grundwasserstände erreicht.

Die Entwicklung der Infiltration mit aufbereitetem Mainwasser in den Jahren 2014–2018 ist aus der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen. Sie belief sich 2018 auf 2,33 Mio. m<sup>3</sup>.

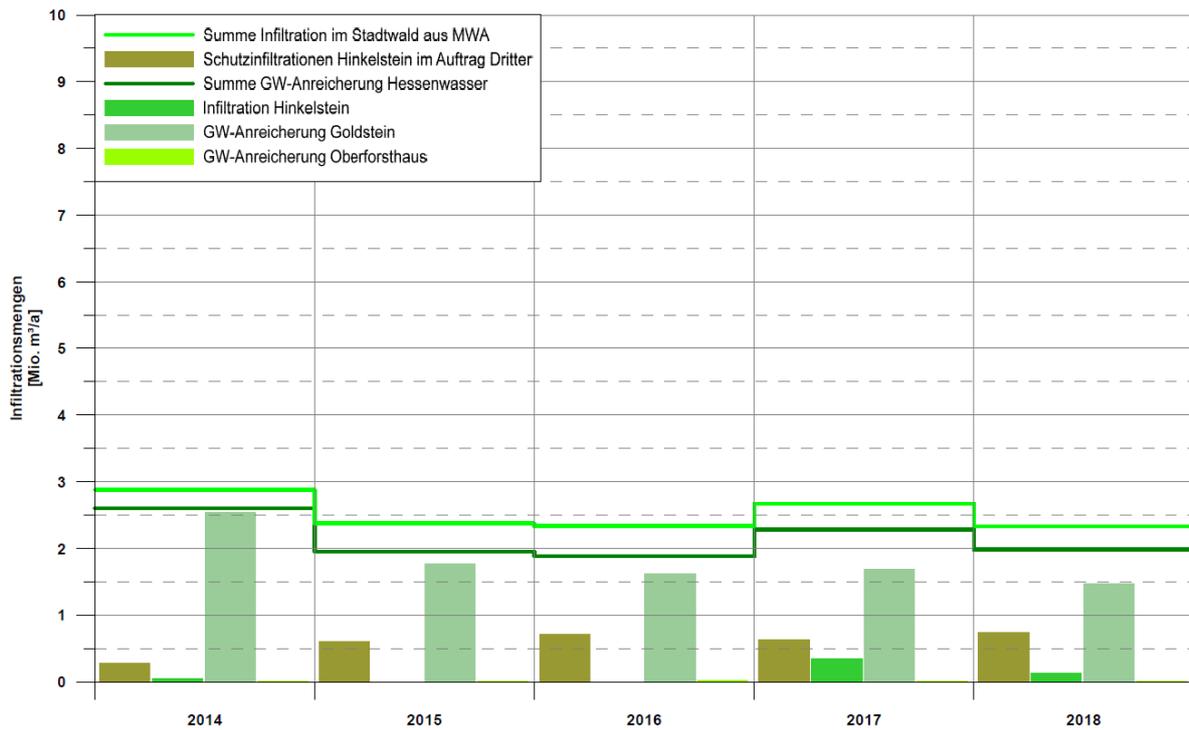


Abb. 29: Gesamteinfiltrationsmengen im Stadtwald 2014–2018 [106]

Die Gesamtentnahme der Stadtwaldwasserwerke betrug im Jahr 2018 witterungs- und bedarfsbedingt (Trockenjahr) 12,26 Mio. m<sup>3</sup>. Dies ist der höchste Wert seit 1993. Die Entwicklung der Gesamtentnahmemenge und der Einzelwerke im Zeitraum 2014–2018 ist in der nachfolgenden Grafik abgebildet.

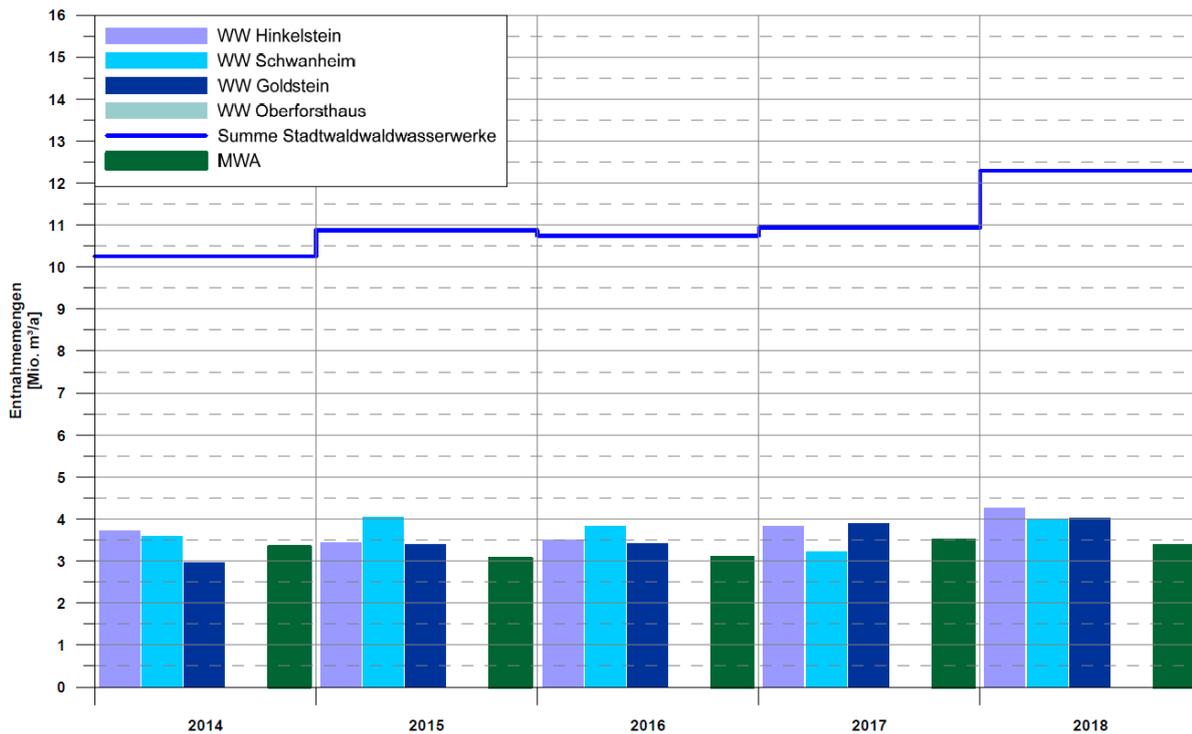


Abb. 30: Gesamtentnahmemenge der Stadtwaldwasserwerke 2014–2018 [106]

In der Wirkung der Grundwasserstände ist die sogenannte Nettoentnahme maßgeblich (siehe folgende Abbildung). Die Nettoentnahme ergibt sich aus der bilanziellen Anrechnung der Grundwasseranreicherung mit Betriebswasser. Das natürliche Grundwasservorkommen wird um diesen Betrag geschont, was zu einer entsprechenden Grundwasseraufspiegelung führt. Die Nettoentnahme aller Stadtwaldwasserwerke erhöhte sich im Trockenjahr 2018 um rund 20 % auf 9,93 Mio. m<sup>3</sup> (2017: 8,27 Mio. m<sup>3</sup>) [106].

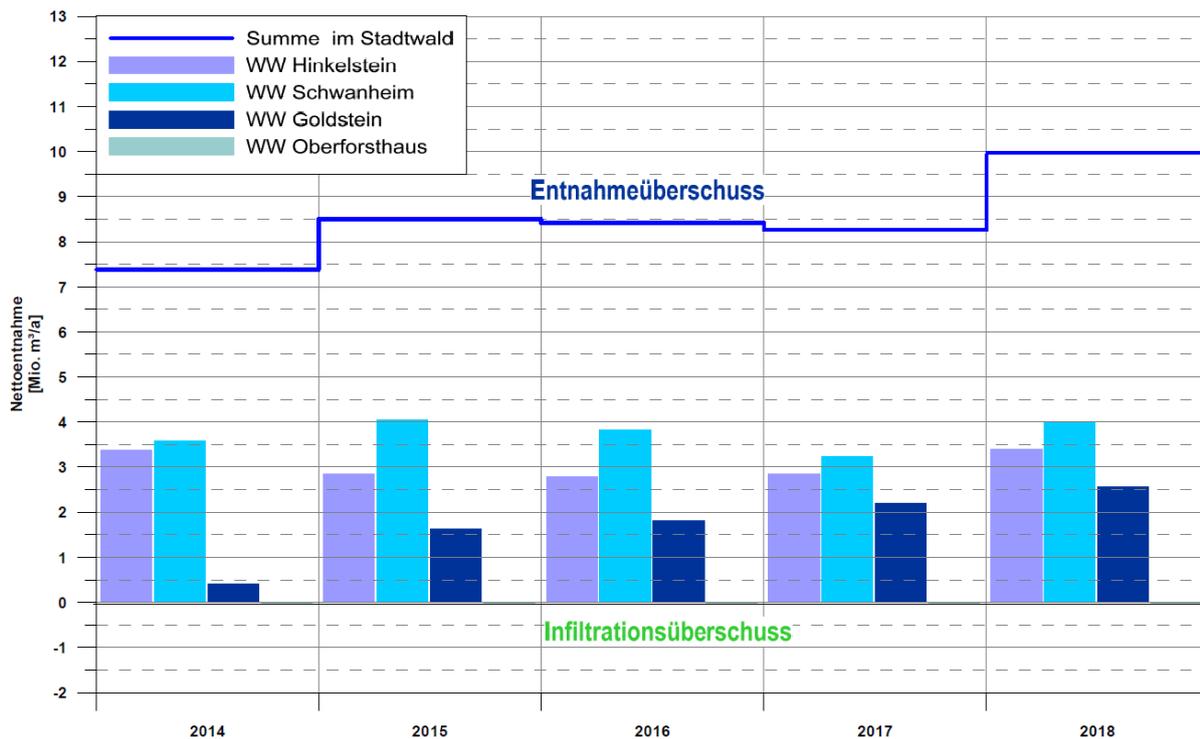


Abb. 31: Nettoentnahmemenge der Stadtwaldwasserwerke 2014–2018 [106]

Zusätzliche Informationen über die Grundwasserstandsentwicklung in der Stadt Frankfurt können online über das Fachinformationssystem des Landesgrundwasserdienstes (FIS LGD) abgerufen werden.

## 5.2 Prognose Wasserdargebot 2030

Das langfristig nutzbare Grundwasserdargebot setzt sich aus natürlicher Grundwasserneubildung und Grundwasseranreicherung abzüglich aller limitierenden Randbedingungen (z. B. Hydrogeologie, Grenzgrundwasserstände, Technik) zusammen. Mit der mengenflexiblen, nach Grundwasserständen gesteuerten Infiltration aus aufbereitetem Oberflächenwasser kann das nutzbare Dargebot im Frankfurter Stadtwald bedarfsgerecht erhöht werden und ist somit weitgehend unabhängig von Trockenperioden. Auf die Wasserführung des Mains hat dies keinen relevanten Einfluss (siehe Kap. 3.3.2 Infiltrationsgestützte Trinkwasserversorgung). Das durch die Nutzung von Trinkwasser im Stadtgebiet von Frankfurt am Main produzierte Abwasser wird über die Abwasseraufbereitungsanlagen Niederrad und Sindlingen gereinigt und dem Main wieder zurückgeführt.

Die Entwicklung des Dargebots, die vom Klimawandel und dessen Auswirkungen auf den Frankfurter Stadtwald abhängig ist, kann anhand der unterschiedlichen Ensembles der regionalisierten Klimaprojektionen (ReKliEs 2016-19) derzeit nicht sicher prognostiziert werden. Hierzu reichen die Genauigkeiten und Wahrscheinlichkeiten der heute verfügbaren regionalisierten Klimaprojektionen in Bezug auf die zeitliche und mengenhafte Auflösung der Niederschlagsverteilung nicht aus. Sie kommen als Ensemble zu widersprüchlichen Ergebnissen.

Als wahrscheinlich gesichert gelten derzeit lediglich eine Zunahme der Extremereignisse und eine Verschiebung von Niederschlagsanteilen aus dem Sommer- in das Winterhalbjahr (siehe Kap. 2.2.1 Klima/Witterung). Entsprechend wäre eine vergrößerte Schwankungsbreite der Grundwasserstände möglich [107] [108].

In Verbindung mit einer deutlichen Erhöhung der Infiltration sollte es möglich sein, das nutzbare Gesamtdargebot im Stadtwald flexibel und klimaresilient zu gestalten.

### 5.3 Prognose Wasserversorgungsbilanz 2030

Der voraussichtliche Trinkwasserbedarf in einem Normaljahr wird sich gegenüber 2018 (54,3 Mio. m<sup>3</sup>) um ca. 5,1 Mio. m<sup>3</sup> auf 59,4 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2030 erhöhen. In einem Trockenjahr (5 % Zuschlag) wird der maximale Trinkwasserbedarf 2030 auf 62,4 Mio. m<sup>3</sup> ansteigen (siehe Kap. 4.2.1 Prognose öffentliche Trinkwasserversorgung).

Der voraussichtliche maximale Trinkwassermehrbedarf 2030 von bis zu 8,1 Mio. m<sup>3</sup>/a (Trockenjahr) kann durch die Erhöhung örtlicher und regionaler Dargebotsreserven (Infiltration im Stadtwald) und eine Ertüchtigung der im Stadtgebiet von Frankfurt am Main befindlichen Anlagen (MWA, Wasserwerke im Stadtwald und WW Praunheim II) erfolgen (siehe Kap. 4.2.1 Prognose öffentliche Trinkwasserversorgung). Außerhalb des städtischen Gebietes stehen zusätzliche Anlagen in den Beschaffungsbereichen Frankfurt Nord (WW Hattersheim) und Hessisches Ried zur Verfügung, die zu einer weiteren Bedarfsdeckung beitragen. Eine Erhöhung der Liefermengen von Dritten, insbesondere der OVAG, ist von Hessenwasser nicht vorgesehen.

In der Abgabemenge von 54,3 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser im Jahr 2018 sind, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, 8,1 Mio. m<sup>3</sup> Betriebswasser zur Grundwasseranreicherung mit anschließender Trinkwasseraufbereitung enthalten. In der Prognose für 2030 wird für ein Trockenjahr ein Trinkwasserbedarf von 62,4 Mio. m<sup>3</sup> veranschlagt. Der Trinkwassermehrbedarf von 8,1 Mio. m<sup>3</sup> in einem Trockenjahr kann über eine Steigerung der Betriebswassermengen zur Grundwasseranreicherung um 10,4 Mio. m<sup>3</sup> auf 18,5 Mio. m<sup>3</sup>/a ohne ökologische Auswirkungen gewonnen werden. Diese Steigerung wird durch den geplanten Ausbau der Infiltration im Frankfurter Stadtwald und eine entsprechende Anpassung der Infiltration im Hessischen Ried erreicht. Der Infiltrationsbedarf von 10,4 Mio. m<sup>3</sup> liegt um 2,3 Mio. m<sup>3</sup> höher als die prognostizierte Bedarfssteigerung. So können auch potenzielle zukünftige Dargebotseinschränkungen beim natürlichen Grundwasserdargebot ausgeglichen werden.

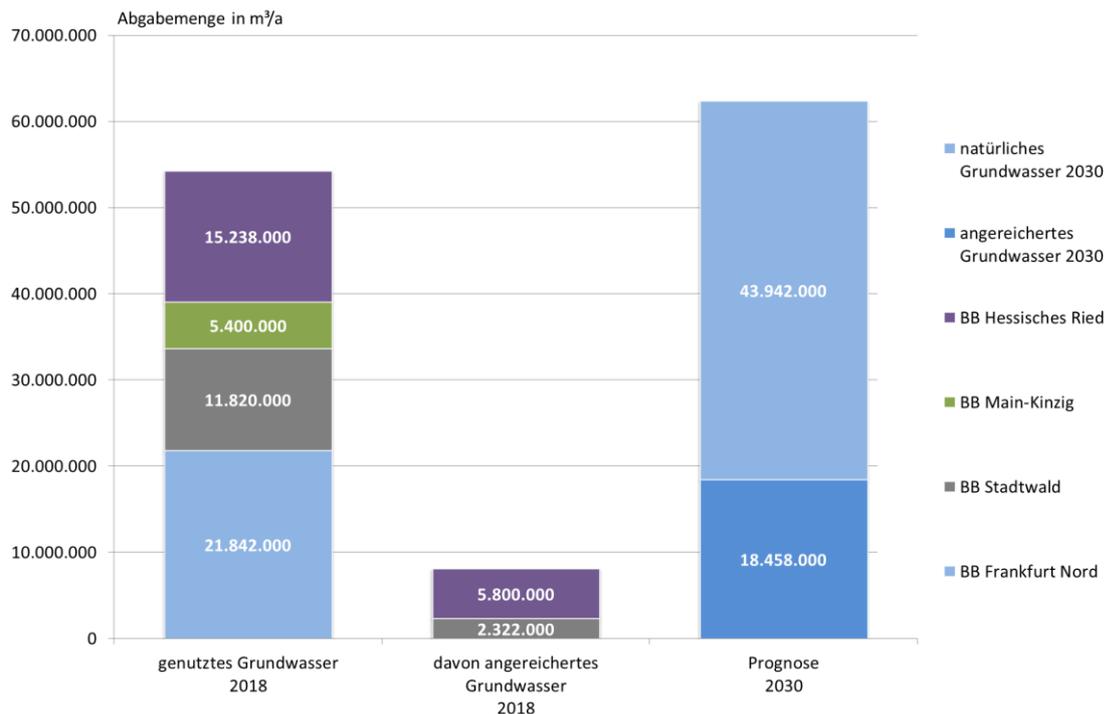


Abb. 32: Deckung des Trinkwasserbedarfs 2018 und in der Prognose für 2030 unterteilt nach Beschaffungsbereichen und Art des Grundwassers [60]

Der prognostizierte Bedarfsanstieg in Frankfurt am Main wird durch den sukzessiven Ausbau u. a. der infiltrationsgestützten Wassergewinnung im Frankfurter Stadtwald und eine Ertüchtigung des WW Praunheim II ausgeglichen. Dabei ist es unerheblich, ob die Bedarfsentwicklung auf dem Bevölkerungszuwachs oder sich ändernden klimatischen Bedingungen resultiert. Zum Erhalt und zur weiteren Stärkung der ortsnahen Wassergewinnung ist zudem der Ausbau des WW Hattersheim vorgesehen.

Durch den stufenweisen Ausbau der Infiltration an verschiedenen Standorten im Frankfurter Stadtwald im Zusammenwirken mit der Ertüchtigung der MWA und der WW besteht der Vorteil, dass im Kernbereich des Ballungsraumes ortsnah die Abdeckung des Spitzenwasserbedarfs erfolgen kann. Durch die Nutzung von aufbereitetem Oberflächenwasser für die Infiltration kann auch in Trockenjahren das natürliche Grundwasserdargebot im Stadtwald auf dem aktuellen Stand erhalten und in Verbindung mit den bestehenden Bewirtschaftungsmaßnahmen ökologisch verträglich und klimaunabhängig gefördert werden.

Mengendefizite infolge des Bevölkerungswachstums und des Klimawandels sind bei der öffentlichen Trinkwasserversorgung für Frankfurt am Main nicht zu erwarten. Extreme Wetterereignisse, die zunehmen und zu kurzfristigen Liefereinschränkungen in den Gewinnungsgebieten führen können, sind nach derzeitigem Kenntnisstand beherrschbar [60].

Die Sicherstellung der nichtöffentlichen Betriebs- und Trinkwasserförderung bis 2030 obliegt den jeweiligen privaten Wasserrechtsinhabern und kann daher in der Wasserversorgungsbilanz nicht berücksichtigt werden.

### 6 Wirtschaftlicher Rahmen der öffentlichen Trinkwasserversorgung

Im Wasserpreis von Mainova sind neben den Kosten für die materielle (z. B. Anlagen, Ausrüstung, Energieeinsatz) auch die der institutionellen (z. B. Normen, Verfahrensweisen, Rechtsordnungen, politische Rahmenbedingungen) und der personellen Infrastruktur (z. B. Anzahl und Qualifikation der Mitarbeiter\*innen) enthalten. Zusätzlich müssen aufgrund der aktuellen Entwicklungen (Bevölkerungswachstum und Klimawandel) zukünftig verstärkt die Anforderungen an die Systemstruktur zur Minimierung aktueller und zukünftiger Risiken in den Wasserpreis mit eingehen. Bei sämtlichen Kalkulationen des Wasserpreises wird davon ausgegangen, dass auch zukünftig keine Abstriche bei der Wasserqualität und der heute bestehenden Versorgungssicherheit gemacht werden.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Entwicklung des Wasserpreises ab dem Jahr 1991 bis Ende 2018 aufgezeigt. Zur besseren Bewertung der zeitlichen Entwicklung des Wasserpreises erfolgt dessen Darstellung unter Berücksichtigung der allgemein gültigen Inflationierung auf Basis des Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamtes umgerechnet auf die „Kaufkraft“ 2018 [109]. Um die Einflüsse der Änderung der Umsatzsteuer zu eliminieren, wurde der Nettopreis als Vergleichspreis herangezogen. Der Preis im Zeitraum 1992–2002 wird zudem durch die Grundwasserabgabe überprägt. Die Grundwasserabgabe für die öffentliche Wasserversorgung wurde ab dem 01.07.1992 erhoben und betrug 0,20 DM/m<sup>3</sup>. In zwei Schritten ist die Grundwasserabgabe auf 0,50 DM/m<sup>3</sup> (ab dem 01.01.1997) angestiegen. Ab dem 01.01.2001 wurde die Grundwasserabgabe um 50 vom Hundert reduziert, die endgültige Aufhebung der Abgabe erfolgte mit Ablauf des 31.12.2002, das Gesetz ist zum 31.12.2004 außer Kraft getreten [110] [111]. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass bis 2002 kein Grundpreis erhoben wurde. Damit über den Betrachtungszeitraum ein Preisvergleich möglich ist, wurden ein repräsentativer Typfall (Einfamilienhaus, 4 Personen) mit einem Wasserverbrauch von 150 m<sup>3</sup>/a als Mischpreis, bestehend aus Menge und Grundpreis, herangezogen [112].

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Eingangsfaktoren liegt der Nettowasserpreis 2018 [113] auf dem Niveau von 1995, inflationsbereinigt deutlich darunter. Die Nettopreisentwicklung des Trinkwassers wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

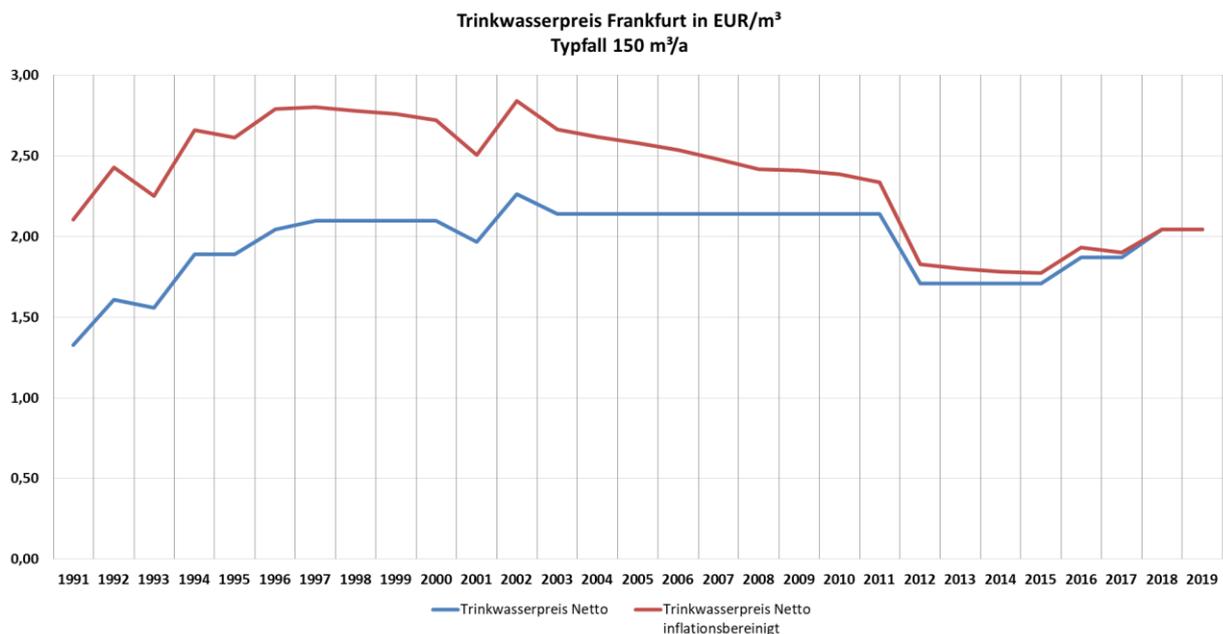


Abb. 33: Wasserpreisentwicklung 1991–2018 [113]

Zur Bewertung der preislichen Entwicklung von Konsumgütern und Dienstleistungen stellt das Statistische Bundesamt eine Online-Datenbank mit Zeitreihen zur Entwicklung des Verbraucherpreisindex ab 1948 über das Internet zur Verfügung. Mithilfe der dort hinterlegten Indizes können Rückschlüsse über die durchschnittlichen prozentualen Veränderungen des Preisniveaus bestimmter Waren und Dienstleistungen, die von privaten Haushalten für Konsumzwecke gekauft oder bezogen wurden, über einen frei zu wählenden Betrachtungszeitrahmen gezogen werden. Zur Darstellung der Entgeltentwicklung der Nettowasserpreise wurden zur Berechnung der Preisentwicklung die Prozentpunkte des Jahres 2000 als Basisjahr herangezogen. Das Basisjahr 2000 ist das Bezugsjahr für alle weiteren Berechnungen, für die das Preisniveau einheitlich auf 100 gesetzt wurde. Im Gegensatz zur Entwicklung des Nettowasserpreises von Mainova im Zeitraum 2000–2019 sind die Verbraucherpreise für die Lebenshaltung, für Nahrungsmittel ohne alkoholische Getränke und für die Gesundheit im Vergleichszeitraum um mehr als 30 Prozentpunkte angestiegen [114]. Der Nettowasserpreis von Mainova hat sich gegenüber dem Basisjahr 2000 um 2,5 Prozentpunkte verringert. Mit Aufhebung der Grundwasserabgabe (GWA) zum 31.12.2002 und der Preissenkung zum 01.01.2012 hat sich der Nettowasserpreis von der tatsächlichen Entwicklung der Lebenshaltungskosten entkoppelt. Mit den vollzogenen Preiserhöhungen 2016 und 2018 wird der 2003 startende Trend zwischen steigenden Lebenshaltungskosten und gleichbleibendem Wasserentgelt nicht aufgelöst. In der nachfolgenden Abbildung werden die oben beschriebenen Entwicklungen der Preisindizes für einen Zeitraum von 20 Jahren bis 2019 dargestellt.

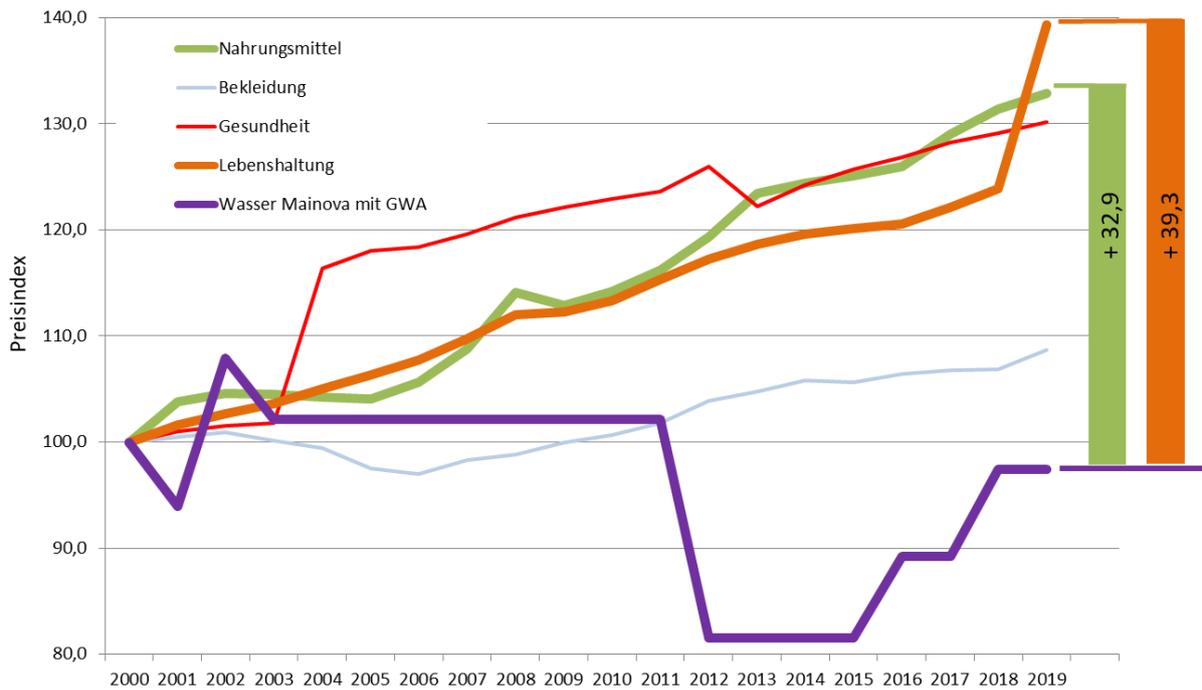


Abb. 34: Preisindex 2000–2019 für ausgewählte Produkte [114]

Übergreifende Preisvergleiche zwischen verschiedenen Wasserversorgern haben sich oft als schwierig erwiesen. Das Hessische Statistische Landesamt hat 2019 einen statistischen Bericht zu den Wasser- und Abwasserentgelten in Hessen im Zeitraum 2017–2019 veröffentlicht [64]. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, wird im Bericht darauf hingewiesen, dass die zu zahlenden Entgelte nicht unmittelbar miteinander verglichen werden können, da spezifische Faktoren wie preisbildende Infrastrukturelemente oder auch natürliche Faktoren (z. B. Topografie, Geologie) diese erheblich beeinflussen.

### 7 Gefährdungsanalyse

Die Gefährdungsanalyse berücksichtigt neben den aktuell vorhandenen Risiken auch zukünftige Risiken über den Betrachtungszeitraum 2030 hinaus.

In den Risikohandbüchern von Mainova, NRM und Hessenwasser erfolgt eine Dokumentation aller Risiken für die leitungsgebundene Wasserversorgung. Diese Risiken werden mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit, einer Risikoanalyse und einer Risikobewertung versehen. Dabei werden das potenzielle Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Gefährdung analysiert. Der Eintrittswahrscheinlichkeit werden entsprechende Gegenmaßnahmen zugeordnet, wie z. B. Inspektionsintervalle, die das Risiko und dessen Eintritt entsprechend der eingesetzten Gegenmaßnahme reduzieren [26] [87] [60].

#### 7.1 Identifizierung möglicher Gefährdungen

Gefährdungen können anhand ihrer Charakteristik in drei Gruppen unterteilt werden. Dazu zählen die wasserwerks- und netzseitigen Risiken, im Folgenden als technische Risiken bezeichnet. Durch die stark wachsende Stadt entstehen urbane Risiken, die sich z. B. in der Grundwasserquantität und -qualität auswirken können. Das dritte Gefährdungspotenzial wird als natürliches Risiko bezeichnet. Hierunter fällt auch der zu erwartende Anstieg von Extremwetterereignissen aufgrund des Klimawandels.

##### 7.1.1 Technische Risiken

Folgende technische Gefährdungen können im Betrieb der Wasserversorgungsanlagen auftreten und sich auf die Trinkwasserversorgung in Frankfurt am Main auswirken:

- Netzstörungen im Verteil- und Transportsystem
- Teil- und/oder Komplettausfall von Gewinnungs- und Speicheranlagen
- Teil- und/oder Komplettausfall von Liefer- und Bezugsmengen
- Teil- und/oder Komplettausfall der Oberflächenwasseraufbereitungswerke
- Ausfall der leitungsgebundenen Versorgung durch Einschränkungen der Trinkwasserqualität (z. B. mikrobielle Verunreinigungen)

Zur Beherrschung von Störfällen im Verteil- und Transportsystem verfügen NRM und Hessenwasser über eine angemessene technische und personelle Ausstattung (insbesondere Bereitschaftsdienst). Ein Entörungsdienst wird für ungeplante und kurzfristig durchzuführende Maßnahmen vorgehalten. Zur allgemeinen Risikominimierung wird bei Mainova ein risikobasiertes Netzinstandhaltungsprogramm durchgeführt. Hessenwasser setzt hierfür eine risikobasierte Instandhaltungsstrategie ein (siehe Kap. 3.4 Wassertransport). Störungen im Stadtnetz können durch Umstellungen im Transport- und Verteilsystem und durch Fließrichtungswechsel in der Regel beherrscht werden. Störungen im Transportnetz können in Abhängigkeit von Art und Dauer des Ausfalls durch den technischen Leitungsverbund und ein angepasstes Lastmanagement teilweise ausgeglichen werden.

Ein Teil- oder Komplettausfall von einzelnen Gewinnungs- und Speichieranlagen kann außerhalb von Spitzenlastsituationen je nach Anzahl der betroffenen Anlagen durch kurzfristig abrufbare Leistungsreserven der im Stadtgebiet befindlichen Gewinnungsanlagen sowie durch Wasserlieferungen und Bezugsmengen kompensiert werden.

Der Teil- oder Komplettausfall von einzelnen Liefer- und Bezugsmengen kann ebenfalls, je nach Menge, durch abrufbare Leistungsreserven und zusätzlich zur Verfügung stehende Wasserlieferungen ausgeglichen werden.

Ein kurzfristiger Teil- oder Komplettausfall der Oberflächenwasseraufbereitungswerke ist durch die verzögerte Wirkung der Grundwasseranreicherung kompensierbar. Die Steuerung der Grundwasserstände im Rahmen des integrierten Ressourcenmanagements gewährleistet kurz- bis mittelfristig ausreichende Grundwassergewinnungsmengen zur Trinkwasseraufbereitung durch die natürliche Speicherbevorratung im Untergrund.

Bei Ausfall der leitungsgebundenen Versorgung durch Einschränkung der Trinkwasserqualität (z. B. mikrobielle Trinkwasserverunreinigung) werden Desinfektionsmaßnahmen gemäß Maßnahmeplan durchgeführt. Desinfektionsanlagen werden in Form von mobilen oder stationären Anlagen im Stand-by-Betrieb an ausgewählten Trinkwasserbehältern und Wasserwerken eingesetzt bzw. vorgehalten (siehe Kap. 3.8.4 Sicherstellung der leitungsgebundenen Versorgung im Normalbetrieb).

Berücksichtigt werden auch technische Aspekte, die sich mittelbar auf die Wasserversorgung in Frankfurt am Main auswirken. Dazu zählt z. B. die Entwicklung der Versorgungsqualität im Energiebereich und hier vor allem das Risiko der Zunahme von Stromausfällen (siehe Kap. 3.8.5 Absicherung gegen Stromausfälle).

### 7.1.2 Urbane Risiken

Urbane Risiken wirken sich in Abhängigkeit des Risikoclusters sehr unterschiedlich auf den Betrieb von Wasserversorgungsanlagen und damit verbunden auf die Trinkwasserversorgung in Frankfurt am Main aus. Unter den Begriff urbane Risiken fallen der steigende Nutzungsdruck auf die Einzugsgebiete der für die Trinkwasserversorgung genutzten Wasserressourcen durch sogenannte konkurrierende Nutzungen wie den Flächenverbrauch durch Infrastrukturmaßnahmen (insbesondere Wohngebiete und Verkehrsprojekte), Auswirkungen von vorhandenen Altlasten, Neuverlegungen von Transportleitungen für diverse Medien sowie die Entwicklung landwirtschaftlicher Flächen.

Eine Störung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung (z. B. Vandalismus) kann durch vorsätzliche Verunreinigungen des Wassers oder Beschädigungen von Wasserversorgungseinrichtungen sowie durch Beeinträchtigungen von Betriebsabläufen zum teilweisen oder vollständigen Ausfall von Wasserversorgungsanlagen führen. Der Ausbruch einer örtlich beschränkten Krankheit (Epidemie) bzw. einer weltweiten Krankheit (Pandemie), die zu Einschränkungen in der Wasserversorgung führen, ist ebenfalls hierunter zu subsumieren.

### 7.1.3 Natürliche Risiken

Zu den natürlichen Risiken, die die Trinkwasserversorgung gefährden können, zählen:

#### Extremwetter

Als Extremwetter wird eine Witterung bezeichnet, die von bestimmten Durchschnittswerten abweicht und in langen, sehr unregelmäßigen Perioden auftritt. Extremwetterereignisse haben vielfältige, in der Regel nachteilige Auswirkungen auf technische und betriebliche Aspekte der Trinkwasserversorgung. Zu diesen Extremwetterereignissen zählen Nassperioden mit Überflutungen aufgrund von Starkregen und Hochwasser wie auch überdurchschnittlich lange Trocken- und Hitzeperioden mit Auswirkungen auf Oberflächenwasser und Grundwasser. Die Auswirkungen von Extremwetterereignissen sind einzelfallspezifisch und abgestimmt auf die aktuelle Versorgungssituation zu bewerten.

Im Rahmen der Umsetzung der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie wurden in einem ersten Schritt detaillierte Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erstellt. Diese Karten zeigen die flächenhafte Ausdehnung von extremen Hochwasserereignissen sowie die davon betroffenen Flächen und Güter (z. B. Siedlungen, Infrastruktureinrichtungen). Den inhaltlichen Anforderungen des WHG entsprechend wurden Überflutungsflächen u. a. für den hessischen Main, das Einzugsgebiet der Kinzig und für den hessischen Ober- und Mittelrhein bei folgenden Hochwasserereignissen ermittelt:

- HQ<sub>10</sub> – häufig auftretendes Ereignis, statistisch einmal in 10 Jahren
- HQ<sub>100</sub> – mittlere Ereignisstärke, statistisch einmal in 100 Jahren
- HQ<sub>Extrem</sub> – seltenes Ereignis, rechnerisch maximal zu erwartendes Ereignis

Neben der Ausbreitung der Überflutungsflächen wurde auch die Wassertiefe für ein HQ<sub>100</sub> in der Karte dargestellt. Beschreibungen des Istzustandes und der zur Beherrschung eines Hochwasserereignisses in diesen Größenordnungen erforderlichen Maßnahmen wurden in Steckbriefen für die einzelnen hessischen Gewässerabschnitte zusammengeführt. Die einzelnen Maßnahmensteckbriefe inklusive der daraus ableitbaren Maßnahmenplanungen wurden priorisiert und in Hochwasserrisikomanagementplänen zusammengeführt [115].

Im Rahmen der Starkregenvorsorge erstellt die Stadt Frankfurt am Main derzeit Starkregengefahrenkarten. Anhand dieser Karten lassen sich die Gefahren der Überflutungen für das gesamte Stadtgebiet ablesen und entsprechende organisatorische bzw. planerische/bauliche Vorsorgemaßnahmen ableiten.

#### Klimawandel

Das durch den Klimawandel prognostizierte häufigere Auftreten von Trockenperioden, einhergehend mit einer Verlängerung der Perioden für Sommer- und Hitzetage einschließlich einer Häufung von Tropennächten in den Städten, wird voraussichtlich zu einem steigenden Wasserbedarf insbesondere zur Spitzenbedarfsabdeckung nicht nur in den Haushalten, sondern auch bei den Gewerbe- und Industriekunden führen. Gärten, Pflanzungen und Rasenflächen benötigen zusätzlich höhere Bewässerungsmengen. Stehen keine aus-

reichend groß bemessenen Speicher oder Betriebswasserressourcen zur Verfügung, muss der Bedarf durch den Bezug von Trinkwasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz gedeckt werden (siehe Kap. 2.2.1 Klima/Witterung). Dies mindert die Mengenverfügbarkeit für die Trinkwasserversorgung. In bestimmten Gewinnungsbereichen kann es in Trockenphasen auch zu einer Reduzierung des nutzbaren Grundwasserdargebots kommen. Gewinnungsbereiche, die durch eine Grundwasseranreicherung gestützt werden, sind dagegen deutlich resilienter.

### **Erdbeben**

Im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik wurde eine Gefährdungskarte für Erdbeben entwickelt und fortgeschrieben. Das Deutsche Geoforschungszentrum Potsdam bietet über seine Internetseite ein Abfragemodul zur Bewertung der Erdbebengefährdung an. Frankfurt am Main liegt in der Erdbebenzone 0 von 4 Zonen. Die Erdbebenzonen werden gemäß der geologischen Untergrundausrprägung in 3 Untergrundklassen unterteilt. Dem Stadtgebiet wird die Untergrundklasse S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung) zugeordnet [116].

Der Erdbebenzone 0 werden Intensitätsintervalle von 6,0 bis > 6,5 zugeordnet. Mit einem Erdbeben in dieser Intensität oder größer ist alle 475 Jahren zu rechnen. Zu beachten ist, dass es sich bei der Angabe des Intensitätsintervalls um eine Beschreibung der Auswirkungen handelt, die zu temporären (seismische Welle) und permanenten Bodenbewegungen (z. B. Verdichtung oder Verflüssigung von Lockergesteinen, Bodenmassenbewegungen bei Hanglagen) führen können. Die Intensitätsintervalle beschreiben lediglich die Auswirkungen; sie sind kein Maß für die im Rahmen eines Erdbebens frei werdende Energie (Magnitude).

Geogene Untergrundbewegungen in Form von Erdbeben können Schäden an der technischen Infrastruktur nach sich ziehen. Das HLNUG registrierte für Hessen im Jahr 2018 insgesamt 247 seismische Aktivitäten [117]. Einige dieser seismischen Aktivitäten wurden auch in den unmittelbaren Gewinnungsgebieten von Hessenwasser registriert und manuell ausgewertet. Vor allem im Oberrheingraben in Südhessen wie auch im Taunus wurden schwache Erdbeben unterhalb der Fühlbarkeitsschwelle registriert. Die seismischen Aktivitäten erstrecken sich über den gesamten Oberrheingraben und beschränken sich nicht nur auf die Grabenrandverwerfungen. Genauere Angaben zu den im Konzeptgebiet aufgetretenen seismischen Aktivitäten können über den Hessischen Erdbebenkatalog auf der Homepage des HLNUG abgerufen werden.

## **7.2 Bewertung der Versorgungssicherheit**

Die Versorgungssicherheit in Frankfurt am Main ist zum Zeitpunkt der Berichterstellung zu Zeiten des Normal- und des Tagesspitzenbedarfs durch die Anlagen von Mainova, NRM und Hessenwasser sichergestellt, sodass in der Regel an jeder Stelle des Leitungsnetzes Trinkwasser in der erforderlichen Qualität und Quantität zur Verfügung gestellt werden kann.

Auch in der Zukunft ist gewährleistet, dass der prognostizierte Trink- und Betriebswasserbedarf sichergestellt ist. Bevölkerungswachstum und häufigere Extremwetterereignisse werden zwar dazu führen, dass insbesondere der Spitzenwasserbedarf weiter ansteigt. Eine Beherrschung zukünftiger, gegenüber heute ansteigender Spitzenlastereignisse kann aber durch den weiteren Ausbau und eine Stärkung der bestehenden Versorgungsinfrastruktur (siehe Kap. 8.1.2 Maßnahmen von Mainova und NRM und Kap. 8.1.3 Maßnahmen von Hessenwasser) und ergänzend durch das Ergreifen von Maßnahmen zur verstärkten Brauchwassernutzung erfolgen (siehe Kap. 8.1.1 Maßnahmen der Stadt Frankfurt am Main). Die Auswirkungen durch den Klimawandel auf die Wasserversorgung sind dagegen noch nicht sicher prognostizierbar, letztlich aber mit den Herausforderungen bei Extremwetter vergleichbar. Die Grundwasseranreicherung im Frankfurter Stadtwald und im Hessischen Ried kann mit hoher Wahrscheinlichkeit das Risiko einer Reduzierung des nutzbaren Grundwasserdargebots weitgehend ausgleichen.

Die übrigen in Kap. 7.1 Identifizierung möglicher Gefährdungen beschriebenen Gefährdungen sind in der Trinkwasserversorgung bekannt. Hessenwasser, Mainova und NRM sind darauf vorbereitet, mit diesen Gefährdungen durch technische, personelle und organisatorische Maßnahmen (z. B. Gefahrenabwehrplan, Katastrophenschutzplan) umzugehen.

Alle wichtigen Maßnahmen zum vorsorgenden Grundwasserschutz in den Gewinnungsgebieten, zur Trinkwasserversorgung (Wasserschutzgebiete) und zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserbereitstellung, die zur Beherrschung von Risiken dienen, werden im Notfallschutzhandbuch von Hessenwasser sowie in den Risikohandbüchern von Mainova, NRM und Hessenwasser beschrieben.

Technische Maßnahmen erfordern durch das Genehmigungsrecht (Umfang und Prüfdauer für die vorzulegenden Unterlagen) und die aktuelle Situation im Baugewerbe (Auslastungsgrad) eine gegenüber früheren Zeiten längere Realisierungsphase.

### **8 Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung**

Im folgenden Kapitel werden Maßnahmen dargestellt, die zur nachhaltigen Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung durch die verschiedenen Akteure ergriffen werden sollen. Dabei werden einerseits neue strategische, konzeptionelle und administrative Ansätze verfolgt. Andererseits handelt es sich um planerische, bauliche und betriebliche Maßnahmen, deren Verwirklichung zum größten Teil bereits seit längerer Zeit geplant ist.

#### **8.1 Maßnahmen**

Neben den etablierten Maßnahmen (siehe Kap. 3.8 Versorgungssicherheit) werden Maßnahmenpakete definiert, um die zukünftigen Herausforderungen (Bevölkerungszuwachs, Klimawandel/Extremwetter und städtebauliche Entwicklungen) ohne eine Einschränkung der Versorgungssicherheit und -qualität zu beherrschen.

##### **8.1.1 Maßnahmen der Stadt Frankfurt am Main**

Für eine nachhaltige und zukunftsfähige Ausgestaltung der Wasserversorgung von Frankfurt am Main unter besonderer Berücksichtigung der zu erwartenden Bevölkerungsentwicklung und des Klimawandels (häufigere und längere Hitze- und Trockenperioden) sind unterschiedliche aufeinander abgestimmte Aktivitäten geplant. Diese müssen innerhalb der Stadtverwaltung sowie mit dem Konzessionsnehmer (Mainova) und dem Vorlieferanten (Hessenwasser) abgestimmt werden. Dazu zählen neben versorgungstechnischen und bauplanerischen Handlungsfeldern ökologische, rechtliche und sozialökonomische Aspekte.

Bereits in der Vergangenheit hat sich die Stadt Frankfurt am Main für den Schutz von Trinkwasserschutzgebieten, das Wassersparen, den Ausbau der Regenwasserbewirtschaftung und andere wasserwirtschaftliche Themen stark engagiert.

Bei bauzeitlichen Grundwasserentnahmen wird bereits heute durch die Wasserbehörde in den dafür erforderlichen Anträgen geprüft, ob und mit welcher Vorreinigung das zuvor geförderte Wasser dem Grundwasserkörper wieder zugeführt werden kann. Bei der Entwicklung von Baugebieten werden neben klassischen landschaftsplanerischen Gutachten inzwischen in der Regel auch Regenwasserbewirtschaftungskonzepte erstellt, mit dem Ziel, Niederschläge zwischenzuspeichern und anschließend zu versickern.

Weitere Versiegelungen im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlagen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung sind im Idealfall zu vermeiden. Aufgrund des hohen Siedlungsdrucks und des erforderlichen Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur ist dies aber nicht grundsätzlich umsetzbar. Daher sind solche Vorhaben zumindest so zu planen, dass sie Grundwasserqualität und -neubildung so wenig wie möglich beeinträchtigen.

Eine Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Aspekte erfolgt schon in vielen laufenden Einzelverfahren. Zum Bebauungsplan B 696 (Gewerbegebiet Nördliche Heerstraße – Teilgebiet 2) findet bspw. seit Längerem ein intensiver Austausch zwischen Stadtplanungsamt, Regierungspräsidium Darmstadt, Unterer Wasserbehörde und Hessenwasser statt. Das Ziel

ist, die Auswirkungen der Bebauung auf die Trinkwassergewinnung im WW Praunheim II zu minimieren.

Darüber hinaus beteiligt sich die Stadt Frankfurt am Main an Forschungsvorhaben, die sich mit nachhaltiger Wasserversorgung beschäftigen. Zu nennen ist hier das interkommunale und in Zusammenarbeit mit mehreren Universitäten bearbeitete Forschungsprojekt „INTERESS-I – Integrierte Strategien zur Stärkung urbaner blau-grüner Infrastrukturen“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in der Fördermaßnahme „Umsetzung der Leitinitiative Zukunftsstadt“ gefördert wird [118].

Zeitnah ist die Gründung einer Arbeitsgruppe „Nachhaltige Wasserversorgung“ bestehend aus städtischen Stellen und Gesellschaften sowie Beteiligungen (Mainova und Hessenwasser) vorgesehen. Durch Bündelung von Fachkompetenzen und Zuständigkeiten sollen das Thema Wasserversorgung und die damit zusammenhängenden Projekte und Maßnahmen abgestimmt, fachlich begleitet und koordiniert werden.

Das Gremium soll vorrangig die Aufgabe haben, sich in einem fachlichen Dialog mit der Entwicklung von konzeptionellen Strategieansätzen zu beschäftigen, die anschließend in konkrete Handlungsempfehlungen, Projekte und Maßnahmen münden.

Die Stadt Frankfurt am Main beabsichtigt zudem, zur Trinkwassersubstitution die Betriebswassernutzung weiter auszubauen. Gerade die verstärkte Bewässerung von Grün-/Sportanlagen mit Regenwasser bzw. Grundwasser oder aus Oberflächengewässern kann dazu beitragen.

Im Einzelnen sind zum Ausbau der Betriebswassernutzung folgende Projekte und Maßnahmen vorgesehen, deren Umsetzung mittelfristig geplant ist:

- Konzeption und Realisierung einer Informationskampagne zum Thema Wassersparen in Kooperation mit Mainova und Hessenwasser
- Regelmäßige Festsetzung des Baus und der Nutzung von Betriebswassersystemen im Rahmen der Aufstellung von Bebauungsplänen größerer Neubaugebiete [119]
- Erstellung einer Studie zur Prüfung vorhandener Potenziale der Betriebswassernutzung in städtischen Ämtern, Betrieben und Mehrheitsgesellschaften inklusive der detaillierten Ermittlung des Iststands der Betriebswassernutzung und der Aufstellung eines Entwicklungskonzepts zu deren Ausbau
- Prüfung der Nutzung von im Stadtgebiet befindlichen ehemaligen Anlagen der Trinkwasserversorgung für die Betriebswassergewinnung [120]
- Prüfung einer städtischen Förderung von Anlagen zur Nutzung von Regenwasser im Bestand

- Prüfung einer städtischen Satzung zur verpflichtenden Errichtung von Regenwasserzisternen bei Neubauten
- Initiative zur Aufnahme einer Prüfverpflichtung in der Hessischen Bauordnung (HBO) zur Umsetzung von Anlagen zur Betriebswassernutzung bei Bauanträgen von Hochbauten
- Aufbau eines zentralen, stadtweiten, aktiven Managements der Grundwassermessstellen zur quantitativen und qualitativen Überwachung des Grundwassers, mit den grundlegenden Zielen der Schaffung einer validen Datenbasis für Bewertungen und des Ressourcenschutzes

### 8.1.2 Maßnahmen von Mainova und NRM

Innerhalb des von Mainova zu verantwortenden Netzbereiches für die Trinkwasserversorgung können zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine konkreten Problembereiche (Anzahl und Häufigkeit von Störfällen an bestimmten Leitungsabschnitten) ausgemacht werden. Die von Mainova praktizierte risikobasierte Rehabilitation der Trinkwasserleitungen wird zur Risikominimierung, wie in der bisherigen Praxis ausgeführt, weiterverfolgt. Im Rahmen der technischen Gespräche mit Hessenwasser und durch entsprechende Rohrnetzrechnungen und -modellierungen gewährleistet Mainova/NRM, dass Anpassungen an und im Trinkwasserverteilnetz keine nachteiligen Folgen auf den Wasserbezug und die Bereitstellung von Trinkwasser für den öffentlichen Gebrauch und für den Löschwasserbedarf haben.

Um die bestehende Versorgungssicherheit auch langfristig auf einem angemessenen Niveau zu erhalten, wird es vor dem Hintergrund der Alterung des Wasserverteilnetzes vermehrt notwendig, weitergehende Maßnahmen zu ergreifen. Hierzu wurde ein Bündel von Maßnahmen initiiert.

Aktuell wird das Wasserverteilnetz erneut kalibriert, d. h., die Modellierung des Haupt- und Verteilnetzes inklusive der Transportleitungen von Hessenwasser im Stadtgebiet von Frankfurt am Main in der Netzrechnung wird mit den tatsächlichen Druck- und Durchflussverhältnissen im Netz abgeglichen (kalibriert). Damit können zum einen hydraulische Auffälligkeiten erkannt werden. Zum anderen kann die Netzauslegung sowohl für die Wasserversorgung als auch für die Löschwasserbereitstellung optimiert werden. Die zur Kalibrierung notwendigen nächtlichen Messungen vor Ort werden voraussichtlich in 2021 abgeschlossen sein.

Um auftretende Leckagen im Versorgungsnetz schneller zu detektieren und besser eingrenzen zu können, werden aktuell Zuflussbezirke gebildet und rund 200 Zuflussmessungen eingebaut.

Damit werden zwei Themenfelder abgedeckt. Zum einen können ungewöhnliche Betriebszustände wie pendelnde Fließrichtungen, Stagnation usw. leichter erkannt werden. Zum anderen kann über eine Online-Mengenbilanzierung ein ungewöhnlicher Wasserverbrauch in einem abgegrenzten Gebiet zeitnah festgestellt werden, der zum schnelleren Aufspüren von

Leckagen im Netz beiträgt. Auch dieses Projekt der Zuflussmessungen wird voraussichtlich bis Ende 2023 von NRM fertiggestellt.

Um die langfristige Entwicklung der Zuverlässigkeit der Netze abschätzen zu können, wurde eine Simulation durchgeführt, die das unterschiedliche Alterungsverhalten der verschiedenen im Netz verbauten Materialien berücksichtigt und die Entwicklung der zu erwartenden Schadensraten im Trinkwassernetz im zeitlichen Verlauf darstellt.

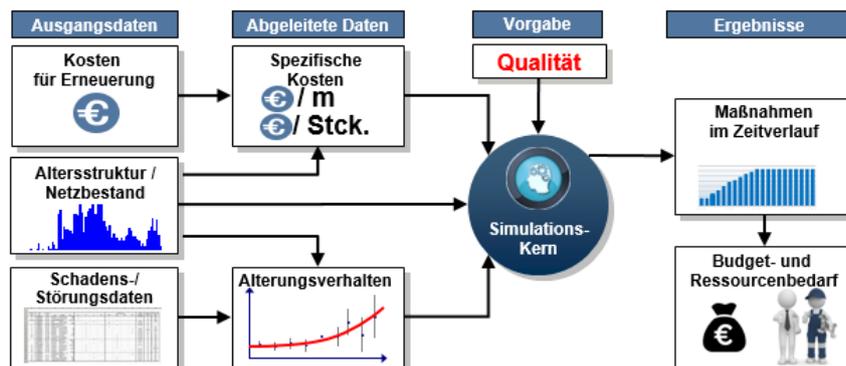


Abb. 35: Maßnahme zur Simulation des Alterungsverhaltens von Trinkwasserleitungen [65]

Beim Blick bis in das Jahr 2040 wurde festgestellt, dass die jährlichen Erneuerungsmengen deutlich angehoben werden müssen, damit die Versorgungszuverlässigkeit auf einem angemessenen Niveau verbleibt. Auf dieser Basis wurde ein entsprechendes Programm beschlossen, das sich aktuell in der Vorbereitungsphase befindet. Beginnend ab 2023 bis in das Jahr 2030 wird die jährliche Erneuerungsmenge im Netz kontinuierlich gesteigert auf eine dann deutlich höhere und langfristig nachhaltige Größe. Die gewonnenen Erfahrungen und die weitere Beobachtung der Entwicklung des tatsächlichen Schadensgeschehens sollen in einer regelmäßigen Überarbeitung der beschlossenen Erneuerungsstrategie münden.

Alle wichtigen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung, die z. B. zur Beherrschung von Extremwetterereignissen und Stromausfällen dienen, werden im Risikohandbuch von NRM beschrieben. Übungen dienen dazu, dass schnellstmöglich auf Gefährdungen reagiert werden kann.

Zur Förderung eines bewussten Umgangs mit Trinkwasser bei den Verbrauchern werden auf den Internetseiten von Mainova entsprechende Informationen zur Verfügung gestellt.

### 8.1.3 Maßnahmen von Hessenwasser

Die Wasserbeschaffung für die Stadt Frankfurt am Main ist zentraler Bestandteil der Aufgabenwahrnehmung von Hessenwasser. Die meisten Infrastruktur- und Bewirtschaftungsmaßnahmen von Hessenwasser dienen direkt oder indirekt auch der Versorgungssicherheit für die Stadt Frankfurt am Main.

Bereits in der WRM-Leitungsverbundstudie Modul 4 – Dargebot, Szenarien, Maßnahmen – aus dem Jahr 2006 [121] und der WRM-Situationsanalyse aus dem Jahr 2013 [122] und deren Fortschreibung aus dem Jahr 2016 [123] wurden einige Maßnahmen (z. B. redundante Verbindung zwischen Hessischem Ried und dem Ballungsraum, Ertüchtigung von Spitzenlastwasserwerken) zur nachhaltigen Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung für den Ballungsraum Rhein-Main beschrieben.

In den Handlungsoptionen der 5. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser aus dem November 2014 [124] wurden diese Maßnahmen, die noch heute Gültigkeit haben, aufgegriffen und fortgeschrieben.

Am 28.01.2016 hat die damalige Staatssekretärin im Hessischen Umweltministerium, Dr. Beatrix Tappeser, gemeinsam mit den Städten Frankfurt am Main, Wiesbaden und Darmstadt sowie dem Wasserverband Hessisches Ried ein gemeinsames Strategiepapier für eine gesicherte öffentliche Trink- und Brauchwasserversorgung für den Ballungsraum Rhein-Main im Betrachtungshorizont 2015–2045 unterzeichnet. Neben Maßnahmen zur Sicherstellung einer umweltorientierten integrierten Ressourcenbewirtschaftung und Maßnahmen zur Verbesserung der Grundwasserverhältnisse einerseits werden auch Infrastrukturmaßnahmen zur Sanierung und zum Ausbau der technischen Verbundanlagen für die Trinkwasserversorgung andererseits in Perspektivschritten angeführt [125].

In der Fortschreibung der WRM-Situationsanalyse aus dem Juli 2016 und in der aktuellen 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises vom Oktober 2018 [55] von Hessenwasser wurde die Notwendigkeit dieser Maßnahmen erneut bestätigt und mit einem ergänzenden Maßnahmenkatalog (z. B. stufenweiser Ausbau der Oberflächenwassernutzung und der Infiltrationsanlagen im Frankfurter Stadtwald) hinterlegt.

Zur Minimierung urbaner Risiken führt Hessenwasser im Vorfeld ihrer Gewinnungsanlagen ein integriertes Ressourcenmanagement fokussiert auf den Grundwasserstand und die Grundwasserqualität durch. Über ein qualitatives und quantitatives Monitoring des Grundwassers stellt Hessenwasser sicher, dass frühzeitig auf Veränderungen der Wasserressource reagiert werden kann und Abwehrmaßnahmen eingeleitet werden können. Mit den Oberflächenwasseraufbereitungsanlagen an Main und Rhein und dem Betrieb der Infiltrationsanlagen im Frankfurter Stadtwald und im Hessischen Ried stehen Anlagen zur Verfügung, die sowohl Menge als auch Güte des Grundwassers positiv beeinflussen können.

Mit der turnusmäßigen Fortschreibung des regionalen Wasserbedarfsnachweises wird eine Grundlage geschaffen, die es Hessenwasser ermöglicht, mit einer entsprechenden Vorlaufzeit auf neue Anforderungen (z. B. Bevölkerungsentwicklung, Grundwasserqualität) zu reagieren.

Mit der derzeit beim Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) in Bearbeitung befindlichen Betriebswasserstudie greift Hessenwasser in Zusammenarbeit mit Mainova, NRM und der Stadt Frankfurt am Main das Thema Betriebswassernutzung in Haushalten, Gewerbe und Grünflächen mit einem sehr umfassenden Ansatz auf. Der Schwerpunkt der Studie liegt

dabei auf einer theoretischen Abschätzung möglicher Substitutionspotenziale für Trinkwasser durch die Nutzung von Betriebswasser für den Zeitraum 2017–2050 mit Fokus auf Frankfurt am Main. Zusätzlich erhält Hessenwasser durch die Mitwirkungen in Studien und Forschungsprojekten zur Wasserwiederverwendung frühzeitig Einblick in aktuelle Forschungstrends, die sich unmittelbar im Bau und Betrieb der Oberflächenwasseraufbereitungsanlagen und deren damit in Verbindung stehenden Anlagen niederschlagen.

Um auch zukünftig die Versorgungsqualität unter den sich ändernden Rahmenbedingungen gewährleisten zu können, investiert Hessenwasser vorausschauend in die vorhandene Anlageninfrastruktur.

Zur Sicherung der Versorgungsqualität wurde seit Gründung des Unternehmens im Jahr 2001 eine Vielzahl technischer Infrastrukturprojekte umgesetzt. Alle Projekte bauen aufeinander auf bzw. sind miteinander verzahnt, sodass die gewachsene Struktur die Basis für neue Strategien und Maßnahmen ist.

Die Maßnahmen bzw. die diesen Maßnahmen hinterlegten Projekte sind nach ihren Auswirkungen auf die Versorgungsqualität (Druck und Güte) in 3 Kategorien unterteilt. Dazu zählen:

- Stärkung der ortsnahen Trinkwassergewinnung durch Erhöhung der Gewinnungs- und Aufbereitungsmenge im Stadtgebiet von Frankfurt am Main
- Stärkung der Versorgungsqualität und Optimierung des Lastmanagements
- Stärkung der regionalweiten Versorgungssicherheit unter Einbindung der Stadt Frankfurt am Main

Die wichtigsten Infrastrukturprojekte zur Sicherung der Versorgungsqualität bis 2030 in den beschriebenen Kategorien sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

<b>Beschaffungsbereich</b>	<b>Anlage</b>	<b>Maßnahmen 2018–2030</b>	<b>Auswirkung</b>
Frankfurt Nord	WW Hattersheim	Sanierung	Stärkung der regionalweiten Versorgungssicherheit
Frankfurt Nord	WW Praunheim II	Sanierung und Erhöhung der Aufbereitungsleistung	Stärkung der ortsnahen Trinkwassergewinnung
Frankfurt Nord	HB Heiligenstock	Sanierung	Stärkung der Versorgungsqualität
Stadtwald	HB Sachsenhausen	Sanierung	Stärkung der Versorgungsqualität
Stadtwald	MWA und Infiltrationsanlagen	Neukonzeption der Aufbereitung und Ausbau der Infiltrationsanlage	Stärkung der ortsnahen Trinkwassergewinnung und Energieeffizienz
Stadtwald	WW Hinkelstein	Erhöhung der Aufbereitungsleistung	Stärkung der ortsnahen Trinkwassergewinnung
Hess. Ried	WW Allmendfeld	Neubau	Stärkung der regionalweiten Versorgungssicherheit
Hess. Ried	2. Riedleitung	Schaffung von Spitzenlastkapazitäten und einer Redundanz für den Wassertransport	Stärkung der regionalweiten Versorgungssicherheit

Tab. 10: Auszug Maßnahmenpakete von Hessenwasser zum Erhalt und Ausbau der Versorgungsqualität in der Stadt Frankfurt am Main bis 2030 [60]

Die Maßnahmen im Frankfurter Stadtwald sind modular aufgebaut und werden je nach Entwicklung der Anforderungen bedarfsangepasst umgesetzt. Die Leistungsfähigkeit von Aufbereitungsanlagen in einem Wasserwerk ist z. B. auch von der Brunnenleistung und den Grundwasserständen im Vorfeld der Brunnengalerie abhängig. Die Grundwasserstände werden wiederum durch den Betrieb von Infiltrationsanlagen auf dem behördlich vorgeschriebenen Niveau gehalten. Modulare Änderungen an einem technischen Anlagenbestandteil führen durch die bestehenden Funktionsabhängigkeiten in Teilen zu Anpassungen anderer Anlagenbestandteile. In Abhängigkeit von der Funktion können die Einzelbestandteile entsprechend modular zusammengefügt werden, sodass das Wirkgefüge immer in der technisch erforderlichen Leistungsfähigkeit erhalten bleibt.

Neben den oben angeführten Maßnahmen werden im Betrachtungshorizont bis 2030 eine Vielzahl kleinerer Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen im Bestand zur Erhöhung der Versorgungsqualität durchgeführt.

### 8.2 Maßnahmenpriorisierung bis 2030

Die grundsätzliche Maßnahmenpriorisierung wurde bereits in den vorherigen Kapiteln vorgenommen. Die vonseiten der Stadt Frankfurt am Main, Mainova, NRM und Hessenwasser in den jeweiligen Aufgabenbereichen geplanten Maßnahmen zur Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Zielhorizont 2030 beeinflussen sich teilweise bzw. ergänzen sich.

Eine regelmäßige Abstimmung über die Umsetzungsstände ist daher zwingend erforderlich. Dies soll in der geplanten Arbeitsgruppe „Nachhaltige Wasserversorgung“ erfolgen. Ein kontinuierlicher Informationsaustausch und eine koordinierte strategische Planung sind neben den erforderlichen Beteiligungen und Abstimmungen z. B. bei Verwaltungsverfahren und bei Einzelprojekten unerlässlich.

Unabhängig davon bestehen formalisierte Abläufe auf Gesellschafterebene zwischen der Stadt Frankfurt am Main und Mainova sowie zwischen Mainova und Hessenwasser. Diese werden ergänzt durch unmittelbare einzelfallbezogene Abstimmungen zwischen den Beteiligten. Zusätzlich erfolgen im Rahmen der WRM über das Gewinnungs- und Versorgungsgebiet von Hessenwasser hinausgehende Abstimmungen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung im Ballungsraum Rhein-Main.

Die generell erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in der Stadt Frankfurt am Main ergeben sich im Wesentlichen aus der 6. Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises von Hessenwasser [55]. Die Umsetzung dieser Maßnahmen wird in jedem Fall erforderlich.

Flankierende Maßnahmen sind die Aktivitäten der Stadt Frankfurt am Main im Bereich des qualitativen und quantitativen Grundwasserschutzes sowie beim Ausbau der Betriebswassernutzung.

Frankfurt am Main, den 10.06.2021

## Literaturverzeichnis

- 1 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2014): Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV), (BGBl. I S. 2010), geändert am 11. Dezember 2014, Berlin.
- 2 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 1983): DIN 4046, Wasserversorgung; Begriffe, Technische Regeln, September 1983, Berlin.
- 3 Mutschmann/Stimmelmayer (2014): Taschenbuch der Wasserversorgung, 16. Auflage, Wiesbaden.
- 4 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 1994): DIN 4049-3, Hydrologie – Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie, Oktober 1994, Berlin.
- 5 Institut für Energie- und Wettbewerbsrecht in der Kommunalen Wirtschaft e. V. (Hrsg., 2016): Heller, H. (2016): Wasserkonzessionen nach der Vergaberechtsform, in: EWeRK 3/2016, S. 210–216, Baden-Baden.
- 6 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2008): Technische Regel, Arbeitsblatt W 405, Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung, Bonn.
- 7 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2020): Erstes Gesetz zur Änderung Wasserhaushaltsgesetzes vom 7. August 2009, geändert am 19. Juni 2020 (BGBl. I, Nr. 30, S. 1408), Berlin.
- 8 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2020): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I, S. 459), zuletzt geändert durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I, S. 1328), Berlin.
- 9 Bundesministerium für Umwelt und Umweltbundesamt (Hrsg., 2019): Ergebnispapier – Ergebnisse der Phase 2 des Stakeholder-Dialogs, Berlin.
- 10 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2008): Technische Regel, Arbeitsblatt W 410, Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen, Bonn.
- 11 Regierung von Unterfranken (Hrsg., 2010): Wasserversorgungsbilanz Unterfranken 2025, I Bericht, Würzburg.
- 12 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2019): Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, 15. November 2009 (BGBl. I S. 1546), Berlin.
- 13 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2020): Hessisches Wassergesetz (HWG), Nr. 23, S. 548, 14. Dezember 2010, geändert am 4. September 2020, Wiesbaden.
- 14 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2007): Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) vom 2. April 1968, geändert am 23. Mai 2007 (BGBl. I, Nr. 24, S. 962), Berlin.
- 15 Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (2000): RICHTLINIE 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt L327, S. 1–72, Luxemburg.
- 16 Hessisches Ministerium des Inneren und Sport (Hrsg., 1991): Rohwasseruntersuchungsverordnung (RUV): Verordnung über die Untersuchung des Rohwassers von Wasserversorgungsanlagen (Rohwasseruntersuchungsverordnung) vom 19. Mai 1991, Staatsanzeiger des Landes Hessen, Nr. 33, S. 27. Juni 1991, Wiesbaden.
- 17 Stadt Frankfurt am Main (1983): Polizeiverordnung über die Einschränkung des Verbrauches von Trink- und Brauchwasser bei Notständen in der Wasserversorgung, genehmigt durch den Hessischen Minister des Inneren gemäß § 37 HSOG mit Bescheid vom 14. März 1984, Frankfurt am Main.
- 18 Hessische Staatskanzlei (Hrsg., 2005): Hessisches Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (HSOG), (GVBl. I 2005, S. 14 vom 25. Januar 2005), geändert am 23. August 2018, Wiesbaden.

- 19 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2020): Gesetz über die Sicherstellung von Leistungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft für Zwecke der Verteidigung (Wassersicherungsgesetz, WasSiG) vom 24. August 1965 (BGBl. I, S. 1225, 1817), geändert am 19. Juni 2020 (BGBl. I, S. 1328), Berlin.
- 20 Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg., 2011): Verordnung über die Zuständigkeit der Wasserbehörden (Zuständigkeitsverordnung Wasserbehörden – WasserZustVO), (GVBl. 2011, I, S. 198 vom 2. Mai 2011), geändert am 15. August 2018, Wiesbaden.
- 21 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 1970): Erste Wassersicherstellungsverordnung (1. WasSV), 31. März 1970 (BGBl. I S. 357), Bonn.
- 22 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2020): Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz – ZSKG) vom 25. März 1997 (BGBl. I S. 726), geändert am 19. Juni 2020, Berlin.
- 23 Hessisches Ministerium des Inneren und für Sport (Hrsg., 2014): Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (Hessisches Brand- und Katastrophenschutzgesetz – HBKG), (GVBl. 2014 S. 26 vom 28. Januar 2014), geändert am 3. Dezember 2013, Wiesbaden.
- 24 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2016): Technische Regel, Arbeitsblatt W 405-B1 (A), Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung, Beiblatt 1: Vermeidung von Beeinträchtigungen des Trinkwassers und des Rohrnetzes bei Löschwasserentnahmen, Bonn.
- 25 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2006): Technische Mitteilung, Merkblatt W 331, Auswahl, Einbau und Betrieb von Hydranten, Bonn.
- 26 Mainova AG (2019): Regelungen der Trinkwasserversorgung für Frankfurt am Main, Frankfurt am Main.
- 27 Stadt Frankfurt am Main, Bürgeramt, Statistik und Wahlen (2018): Statistisches Jahrbuch 2018, Frankfurt am Main.
- 28 Hessische Landesanstalt für Umwelt (1988): Die Naturräume Hessens, Heft 67, Wiesbaden.
- 29 Stadt Frankfurt am Main, Bürgeramt, Statistik und Wahlen (2018): Materialien zur Stadtbeobachtung Heft 26, Frankfurt am Main.
- 30 Statistisches Bundesamt (2019): Daten aus dem Gemeindeverzeichnis, Städte in Deutschland nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte. Gebietsstand: 31. Dezember 2018, Wiesbaden.
- 31 Hessisches Landesamt für Bodenforschung (2009): Geologische Karte von Hessen, 1 : 25.000, Blatt 5817 Frankfurt am Main West, Wiesbaden.
- 32 Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1980): Geologische Karte von Hessen, 1 : 25.000, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neubearbeitete Auflage, Wiesbaden.
- 33 Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1993): Geologische Karte von Hessen, 1 : 25.000, Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost, Wiesbaden.
- 34 Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1999): Geologische Karte von Hessen, 1 : 25.000, Blatt 5918 Neu-Isenburg, Wiesbaden.
- 35 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Hydrogeologische Modellierung der geologischen Untergrundstruktur in Frankfurt am Main, Groß-Gerau.
- 36 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019): WRRL-Viewer, Wiesbaden.
- 37 Spektrum der Wissenschaft (2000): Lexikon der Geowissenschaften, Klimaklassifikation, unter <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/klimaklassifikation/8421>, Heidelberg.
- 38 Deutscher Wetterdienst (2019): Klimadaten der Station Frankfurt am Main Flughafen, Stationsnummer 1420 [online], <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=16102#>, Offenbach.

- 39 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Klimadatenauswertung der DWD-Station Frankfurt/Main-Flughafen (Station ID DWD 1420) des Deutschen Wetterdienstes, Groß-Gerau.
- 40 Deutscher Wetterdienst (2019): Rückblick auf das Jahr 2018 – das bisher wärmste Jahr in Deutschland, Stand: 2. Januar 2019, Offenbach.
- 41 Stadt Frankfurt am Main, Bürgeramt, Statistik und Wahlen (2019): Materialien zur Stadtbeobachtung, Heft 27, Frankfurt am Main.
- 42 Stadt Frankfurt am Main, Bürgeramt, Statistik und Wahlen (2019): Statistik aktuell 01/2019, Frankfurt am Main.
- 43 Stadt Frankfurt am Main, Bürgeramt, Statistik und Wahlen (2020): Statistik aktuell 03/2020, Frankfurt am Main.
- 44 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017): Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025, Wiesbaden.
- 45 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019): Handlungsleitfaden zur kommunalen Klimaanpassung in Hessen – Hitze und Gesundheit –, Wiesbaden.
- 46 Deutscher Wetterdienst (2017): Modellbasierte Analyse des Stadtklimas als Grundlage für die Klimaanpassung am Beispiel von Wiesbaden und Mainz, Bd. 249, Offenbach.
- 47 Stadt Frankfurt am Main, Dezernat Planen und Wohnen Stadtplanungsamt (2019): Frankfurt 2030+, Integriertes Stadtentwicklungskonzept, Frankfurt am Main.
- 48 Stadt Frankfurt am Main, Kompetenzzentrum Industrie Wirtschaftsförderung Frankfurt GmbH (2020): Masterplan Industrie für die Stadt Frankfurt am Main, Jahresbericht 2018–2019, Frankfurt am Main.
- 49 Stadt Frankfurt am Main, Magistrat der Stadt (2020): Vortrag des Magistrats an die Stadtverordnetenversammlung, M 151 Betreff Gewerbeflächenentwicklungsprogramm vom 25. September 2020, Frankfurt am Main.
- 50 Stadt Frankfurt am Main, Bürgeramt, Statistik und Wahlen (2015): Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Frankfurt am Main bis 2040, Frankfurter Statistische Berichte, Frankfurt am Main.
- 51 Hessen Agentur GmbH (2016): Bevölkerungsvorausschätzung für Hessen und seine Regionen als Grundlage der Landesentwicklungsplanung, HA-Report Nr. 912, Wiesbaden.
- 52 Hessisches Statistisches Landesamt (2016): Bevölkerung in Hessen 2060. Wiesbaden.
- 53 Hessisches Statistisches Landesamt (2019): Regionale Bevölkerungsvorausberechnung 2018 bis 2040 in Hessen 2060. Wiesbaden.
- 54 Hessen Agentur GmbH (2019): Bevölkerungsvorausschätzung für Hessen und seine Regionen als Grundlage der Landesentwicklungsplanung, HA-Report Nr. 990, Wiesbaden.
- 55 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2018): Regionaler Wasserbedarfsnachweis 6. Fortschreibung – Datenbestand 2016/2017, in Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Ulrich Roth, Bad Ems, Groß-Gerau.
- 56 Roth, Ulrich (2018): Dokumentation Bevölkerungsprognose, Januar 2018, Anhang 1, Anlage zur 6. Fortschreibung Regionaler Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG, Bad Ems.
- 57 Hessische Minister für Landwirtschaft und Forsten (Hrsg., 1967): Sonderplan Wasserversorgung RHEIN-MAIN, Teil I, Wiesbaden.
- 58 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Angaben zur historischen Entwicklung der Trinkwasserversorgung für die Stadt Frankfurt am Main, unveröffentlichter Bericht, Groß-Gerau.
- 59 Gesundheitsamt der Stadt Frankfurt am Main (2019): Angaben zur Eigenversorgung mit Trinkwasser in der Stadt Frankfurt am Main vom 20. September 2019, Frankfurt am Main.
- 60 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Angaben zur Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Transport, Menge und Qualität von Grund-, Roh-, Infiltrations- und Trinkwasser für die Stadt Frankfurt am Main, Groß-Gerau.

- 61 Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (Hrsg., Groß-Gerau, November 2019): Bewertung des Spitzenlastereignisses 2018 in der Rhein-Main-Region, in Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Ulrich Roth, Bad Ems.
- 62 Wasserverband Hessisches Ried (2019): Technische Angaben zur Infiltration im Hessischen Ried, Groß-Gerau
- 63 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2019): Leitbild für ein Integriertes Wasserressourcen-Management Rhein-Main (IWRM), 8. März 2019, Wiesbaden.
- 64 Hessisches Statistisches Landesamt (2019): Statistische Berichte, Kennziffer: Q16\_3j\_19, Wasser- und Abwasserentgelte in Hessen 2017 bis 2019, Wiesbaden.
- 65 Mainova AG (2019): Angaben zum Trinkwasserverteilnetz in Frankfurt am Main, Frankfurt am Main.
- 66 Mainova AG (2004): Umweltbericht 2003, Frankfurt am Main.
- 67 Netzdienste Rhein-Main GmbH (2019): Kartenmaterial Wasserversorgung, Frankfurt am Main.
- 68 BGU Dr. Brehm & Grünz GbR (2019): Förder- und Infiltrationsmengen im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen im Stadtgebiet von Frankfurt am Main, E-Mail, Bielefeld.
- 69 Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet u. a. (2013): Europäisches Fließgewässermemorandum zur qualitativen Sicherung der Trinkwassergewinnung (ERM) 2013, Düsseldorf.
- 70 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I, Nr. 28, S. 1373), Berlin.
- 71 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2017): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV) vom 9. November 2010 (BGBl. I, Nr. 56, S. 1513), zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert, Berlin.
- 72 Mainova AG (2019): Übersichtskarte der Härtebereiche im Versorgungsgebiet der Mainova AG in Frankfurt am Main, Frankfurt am Main.
- 73 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2013): DIN 50930-6 Korrosion der Metalle – Korrosion metallener Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer – Teil 6: Bewertungsverfahren und Anforderungen hinsichtlich der hygienischen Eignung in Kontakt mit Trinkwasser, Berlin.
- 74 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Monitoring für die Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald, Teil III, Qualitatives Monitoring Roh- und Reinwasser, Berichtszeitraum 2017–2018, Groß-Gerau.
- 75 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Monitoring für die Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald, Teil II, Qualitatives Monitoring Grundwasser, Berichtszeitraum 2017–2018, Groß-Gerau.
- 76 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2012): DIN ISO 9001, Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen, November 2015, Berlin.
- 77 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2012): DIN EN 16247-1:2012-10 Energieaudits – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Oktober 2012, Berlin.
- 78 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2009): Gesetz zur Stärkung der Sicherheit in der Informationstechnik des Bundes (BSI-Gesetz – BSIG), (BGBl. L, Nr. 54, S. 2821 vom 19. August 2009), Berlin.
- 79 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2016): Zertifikat zur bestandenen TSM-Überprüfung gemäß Anforderungen nach DVGW Arbeitsblatt W 1000, Bonn,
- 80 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2006): DIN EN ISO 3834-3:2006-03 Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen – Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen, März 2006, Berlin.

- 81 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2013): Technische Regel, Arbeitsblatt GW 11 (A), Qualifikationsanforderungen für Fachunternehmen des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS, textgleich mit der fkks-Richtlinie Güteüberwachung), Bonn.
- 82 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2018): Zertifikat zur bestandenen TSM-Überprüfung gemäß Anforderungen nach DVGW Arbeitsblatt W 1000, Bonn.
- 83 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2011): Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2011); Deutsche Fassung EN ISO 50001:2011, Berlin.
- 84 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2015): Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); deutsche und englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017, Berlin.
- 85 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2016): Auszug aus Präsentation Bedeutung der Nutzungskonflikte für die Grundwassernutzung im Ballungsraum Rhein-Main, 27. März 2016, Kongress der FRANKFURT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Frankfurt am Main.
- 86 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg., 2018): Gesetz über ergänzende Vorschriften zu Rechtsbehelfen in Umweltangelegenheiten nach der EG-Richtlinie 2003/35/EG (Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz – UmwRG) vom 23. August 2017 (BGBl. I S.3290), geändert am 17. Dezember 2018, Berlin.
- 87 Netzdienste Rhein-Main GmbH (2019): Angaben zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Frankfurt am Main, Frankfurt am Main.
- 88 DVGW Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches (2016): Technischer Hinweis – Merkblatt DVGW W 1020 (M) Empfehlungen und Hinweise für den Fall von Abweichungen von Anforderungen der Trinkwasserverordnung – Maßnahmeplan und Handlungsplan, Bonn.
- 89 Bundesministerium für Gesundheit und Umweltbundesamt (Hrsg., 2013): Leitlinien zum Vollzug der §§ 9 und 10 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), Bonn und Dessau-Roßlau.
- 90 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2013): Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement, Teil 2 Risikomanagement, Deutsche Fassung EN 15975-2:2013, Berlin.
- 91 Hessisches Statistisches Landesamt (2018): Statistische Berichte, Kennziffer: Q I 2 - 3j/16, Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Hessen 2016, Wiesbaden.
- 92 Regierungspräsidium Darmstadt (2019): Datensätze zur Wasserbilanz Rhein-Main aus den Jahren 1977 bis 2019, Darmstadt.
- 93 Hessisches Statistisches Landesamt (2018): Statistische Berichte, Kennziffer: Q I 1 - 3j/16, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Hessen 2016, Wiesbaden.
- 94 Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt (2017): Daten zur Wasserbilanz Rhein-Main 2016, Darmstadt.
- 95 Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt (2019): Daten zur Wasserbilanz Rhein-Main 2018, Darmstadt.
- 96 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) (2019): Zahl der Woche. 127 Liter Leitungswasser verbrauchten die Deutschen 2018 im Durchschnitt pro Kopf und Tag, Presseveröffentlichung vom 17. April 2019, Berlin.
- 97 DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (2008): Technische Regel, Arbeitsblatt W 410 Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen, Bonn.
- 98 Mainova AG (2019): Angaben zum Trinkwasserverbrauch, Frankfurt am Main.
- 99 Hessisches Statistisches Landesamt (2020): E-Mail bezüglich Anfrage Datenaktualisierung Statistischer Bericht, Kennziffer: Q I 2 - 3j/16, Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Hessen für das Jahr 2019, Wiesbaden
- 100 Institut für sozialökologische Forschung GmbH (2020): Studie zur Ermittlung des theoretischen Substitutionspotenziales für Trinkwasser durch die Nutzung von Betriebswasser für den Zeitraum 2017 bis 2050 im Arbeitsgebiet der Hessenwasser GmbH & Co. KG Auszug, unveröffentlichtes Gutachten, Frankfurt am Main.

- 101 Stadt Frankfurt am Main, Umweltamt (2019): Erhebung zur aktuellen und zukünftigen Nutzung von Betriebswasser, Frankfurt am Main
- 102 Lieschke, Kim-Luise (2020): Möglichkeiten einer optimierten Nutzung von Brauchwasser zur Bewässerung von Grünflächen in Frankfurt am Main, unveröffentlichte Masterthesis aus dem Fachbereich Bauwesen der FRANKFURT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Frankfurt am Main.
- 103 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg., 2020): DIN 1803-5, Sportplätze Teil 2 Bewässerung, September 2020, Berlin.
- 104 Roth, Ulrich (2018): Wasserbedarfsprognose 2030, Trendbewertung 2050, Februar 2018, Anhang 2, Anlage zur 6. Fortschreibung Regionaler Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG, Bad Ems.
- 105 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Angaben zur Hochrechnung des Trinkwasserbedarfs in Frankfurt am Main im Jahre 2030, Groß-Gerau.
- 106 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2019): Monitoring für die Wasserwerke im Frankfurter Stadtwald, Teil I, Quantitatives Monitoring Berichtszeitraum 2018, Groß-Gerau.
- 107 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019): Das Trockenjahr 2018 – Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser, Tagung der Landesgruppe Hessen der VKU am 18. März 2019, Wiesbaden.
- 108 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2018): Auswirkungen des Klimawandels auf die hydrologischen Verhältnisse in Hessen – Bewertung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse, KLIWA, Heft 22, Wiesbaden.
- 109 Statistisches Bundesamt (2020): Preise, Verbraucherpreisindizes für Deutschland – Lange Reihen ab 1948, Wiesbaden.
- 110 Hessisches Ministerium des Innern und für Sport (Hrsg., 1992): HGruwAG – Hessisches Grundwasserabgabengesetz, Hessisches Gesetz über die Erhebung einer Abgabe für Grundwasserentnahmen vom 17. Juni 1992 (GVBl. I S. 209; 1996 S. 534), Wiesbaden.
- 111 Hessisches Ministerium des Innern und für Sport (Hrsg., 2000): HGruwAG – Hessisches Grundwasserabgabengesetz, Zweites Gesetz zur Änderung des Hessischen Grundwasserabgabengesetzes über die Erhebung einer Abgabe für Grundwasserentnahmen vom 22. Dezember 2000 (GVBl. I 2000, S. 623; 1996 S. 534), Wiesbaden.
- 112 VWEW Energieverlag (Hrsg., 2006): Daiber, Hermann: Wasserwirtschaft und Kundenschutz zwischen Anspruch und Wirklichkeit In: Kommunale Wirtschaft im 21. Jahrhundert – Festschrift Peter Becker, Frankfurt am Main.
- 113 Mainova AG (2018): Preisblatt Wasser für Privat- und Gewerbekunden, gültig ab 1. Juli 2018, Frankfurt am Main.
- 114 Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020): GENESIS-Online Datenbank: Verbraucherpreisindex Deutschland und Hessen, Wiesbaden.
- 115 Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (2007): RICHTLINIE 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, Amtsblatt L288/27, S. 27–34, Straßburg.
- 116 Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam (2020): Internetabfrage Gefährdungskarte für Erdbeben, [https://www.gfz-potsdam.de/din4149\\_erdbebenzonenabfrage/](https://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/), Potsdam.
- 117 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019): Jahresbericht Hessischer Erdbebendienst 2018, Wiesbaden.
- 118 Technische Universität München (2019): BMBF-Forschungsprojekt INTERESS-I, München.
- 119 Stadt Frankfurt am Main (2020): Stadtverordneten-Versammlung, Haushalt 2020/2021 Sonstige Beschlüsse, Beschlüsse zu den Etatanträgen (E) und den dazugehörigen Nebenvorlagen (NR), vom 26. März 2020, Frankfurt am Main.
- 120 Stadt Frankfurt am Main (2015): Bericht des Magistrats der Stadt Frankfurt B 45 auf Anfrage der Freien Wähler Fraktion vom 4. September 2014, Nr. 1002, Frankfurt am Main.

- 121 Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (Hrsg., Groß-Gerau, August 2005):  
Leitungsverbund Wasserversorgung Rhein-Main, Modul 4 – Dargebot, Szenarien, Maßnahmen,  
Björnßen Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz/Dr.-Ing. Ulrich Roth, Bad Ems.
- 122 Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (Hrsg., Groß-Gerau, Oktober 2013):  
Situationsanalyse zur Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region, Dr.-Ing. Ulrich Roth, Bad  
Ems.
- 123 Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (Hrsg., Groß-Gerau, Juli 2016):  
Situationsanalyse zur Wasserversorgung in der Rhein-Main-Region, Fortschreibung Juli 2016, in  
Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Ulrich Roth, Bad Ems.
- 124 Hessenwasser GmbH & Co. KG (2014): Regionaler Wasserbedarfsnachweis 5. Fortschreibung –  
Datenbestand 2013, in Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Ulrich Roth, Bad Ems, Groß-Gerau.
- 125 Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Stadt  
Frankfurt, Stadt Darmstadt, Stadt Wiesbaden, Wasserverband Hessisches Ried (2016):  
Ballungsraum Rhein-Main 2015-2045, Initiative für eine sichere und nachhaltige  
Wasserversorgung, Wiesbaden, Groß-Gerau.

## Anlagen

### Beschaffenheit des Rohwassers an zwei Brunnen des WW Schwanheim

	Entnahmeort		WW Schwanheim, Br. 3	WW Schwanheim, Br. 4
	PNS		373030	373040
	Kurzbezeichnung		035/3	035/4
	HLUG-Nr., Kenn.		10990	10991
	Probenahmedatum		31.01.2018	31.01.2018
	Analyse-Nr.		201801401	201801402
1	Färbung, qualitativ		farblos	farblos
2	Trübung, qualitativ		klar	klar
3	Geruch, qualitativ		ohne	ohne
4	Bodensatz, qual.		ohne	ohne
5	Temperatur	°C	10,7	11,2
6	Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	466	384
7	pH-Wert		6,03	6,32
8	pHC: pH-Wert nach Calcit-Sättigung		7,55	7,59
9	Sauerstoff	mg/l	3,9	3,7
11	Basekapazität (pH = 8,2)	mmol/l	1,29	1,03
12	Aluminium	mg/l	<0,015	<0,015
13	TOC	mg/l	0,97	0,75
14	AOX	µg/l	<10	<10
15	POX	µg/l	<1,0	<1,0
16	Säurekapazität (pH = 4,3)	mmol/l	0,57	0,9
17	Kohlendioxid, CO <sub>2</sub> -frei	mg/l	56,8	45,3
18	Calcium	mg/l	50,1	42
19	Magnesium	mg/l	7,53	6,39
20	Natrium	mg/l	18,8	17,4
21	Kalium	mg/l	3,2	2,87
22	Eisen, gesamt	mg/l	2,69	1,44
23	Mangan	mg/l	0,073	0,046
24	Ammonium	mg/l	0,077	0,108
25	Nitrit	mg/l	<0,030	<0,030
26	Nitrat	mg/l	<0,5	<0,5
27	Chlorid	mg/l	52,1	43,3
28	Sulfat	mg/l	106	67,9
29	Hydrogencarbonat	mg/l	31,5	52
30	Gesamtphosphor (PO <sub>4</sub> )	mg/l	<0,060	<0,060
30	Gesamtphosphor (HPO <sub>4</sub> )	mg/l	<0,060	<0,060
30	Gesamtphosphor (P)	mg/l	<0,020	<0,020
31	Bor	mg/l	<0,010	0,011
31	Borat	mg/l	<0,070	<0,070
32	Koloniezahl (22 °C)	KBE/ml	0	0
33	Coliforme Bakterien	MPN/100 ml	0	0
34	Escherichia coli	MPN/100 ml	0	0
35	Ionenbilanzfehler	%	-4,3	-0,9
36	Summe PBSM	µg/l	n. b.	n. b.

Gewichtete Mittelwerte nach den Abgabemengen in Frankfurt, gewichtete Mittelwerte der Beschaffenheit des Trinkwassers im innerstädtischen Bereich.

## WASSERKONZEPT DER STADT FRANKFURT AM MAIN

Chemische Parameter nach Anlage 2 und ausgewählte Indikatorparameter der Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	Grenzwerte für Trinkwasser nach Trinkwasserverordnung (TrinkwV) in mg/l	Untersuchungsergebnisse für das Trinkwasser der Mainova AG (2018) in mg/l
Benzol	0,001	< 0,0002
Bor	1	< 0,2
Bromat	0,01 <sup>°)</sup>	< 0,005
Chrom	0,05	< 0,01
Cyanid	0,05	< 0,005
1,2-Dichlorethan	0,003	< 0,002
Fluorid	1,5	< 0,15 <sup>**)</sup>
Nitrat	50	9,5 <sup>**)</sup>
Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte	0,0001	< 0,00005 <sup>***)</sup>
Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte gesamt	0,0005	< 0,00005 <sup>***)</sup>
Quecksilber	0,001	< 0,0002
Selen	0,01	< 0,0005
Tetrachlorethen und Trichlorethen	0,01	< 0,005 <sup>***)</sup>
Antimon	0,005	< 0,0005
Arsen	0,01	< 0,0005
Benzo-(a)-pyren	0,00001	< 0,000001
Blei	0,01	< 0,001
Cadmium	0,003	< 0,001
Kupfer	2	< 0,001
Mangan	0,05	< 0,02
Nickel	0,02	< 0,002
Nitrit	0,5	< 0,05
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	0,0001	< 0,00002
Trihalogenmethane	0,05 <sup>°)</sup>	< 0,01
Aluminium	0,2	< 0,02
Ammonium	0,5	< 0,05
Calcium	kein Grenzwert	65,5 <sup>**)</sup>
Kalium	kein Grenzwert	2,4 <sup>**)</sup>
Magnesium	kein Grenzwert	17,3 <sup>**)</sup>
Natrium	200	13,4 <sup>**)</sup>
Sulfat	250	43,8 <sup>**)</sup>

\*\*)) nach Abgabemenge gewichtete Mittelwerte; Konzentration abhängig vom Versorgungsbereich

\*\*\*)) bzw. kleiner Bestimmungsgrenzen

°)) Höchstwert für Rückstände (Bromate, Bromoforme) nach Behandlung mit ozonangereicherter Luft

Untersuchungsergebnisse Roh- und Brauchwasser (Mainwasseraufbereitungsanlage 2018)

Parameter	Einheit	Rohwasser (Main)		Brauchwasser	
		Ergebnisse mit Schwankungsbreite		Ergebnisse mit Schwankungsbreite	
Temperatur	°C	5,6	- 24,8	5,6	- 25,1
pH-Wert	-	7,89	8,3	7,27	- 7,61
Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	565	- 832	577	- 836
Sauerstoff	g/m <sup>3</sup>	7,2	- 13,2	6,0	- 11,0
Gesamthärte	°dH	13,3	- 18,4	13,1	- 18,3
	mol/m <sup>3</sup>	2,3	3,3	2,3	- 3,3
Karbonathärte	°dH	8,8	- 12,2	7,5	- 11,6
	mol/m <sup>3</sup>	1,6	- 2,2	1,4	- 2,1
Säurekapazität bis pH = 4,3	mol/m <sup>3</sup>	3,21	- 4,41	2,74	- 4,19
Freie Kohlensäure	g/m <sup>3</sup>	<0,9	- 2,6	8,4	- 13,6
Basekapazität bis pH = 8,2	mol/m <sup>3</sup>	<0,05	- 0,06	0,19	- 0,31
Calcium	g/m <sup>3</sup>	66,1	- 90,8	66,6	- 90,0
Magnesium	g/m <sup>3</sup>	16,8	- 25,5	16,5	- 25,3
Natrium	g/m <sup>3</sup>	23,5	- 43,3	23,9	- 43,4
Kalium	g/m <sup>3</sup>	3,91	- 7,84	4,1	- 8,0
Chlorid	g/m <sup>3</sup>	39,8	- 65,8	38,8	- 65,7
Sulfat	g/m <sup>3</sup>	58,5	- 108	83,5	- 126,0
Nitrat	g/m <sup>3</sup>	10,3	- 20,5	10,8	- 20,8
Phosphat (Phosphorverbindungen)	g/m <sup>3</sup> P	0,079	- 0,17	<0,05	
Silicium	g/m <sup>3</sup>	1,44	- 5,53	0,9	- 3,8
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	g/m <sup>3</sup>	3,08	- 11,8	2,0	- 8,1
Eisen	g/m <sup>3</sup>	0,09	- 0,67	<0,005	- 0,005
Mangan	g/m <sup>3</sup>	0,03	- 0,06	<0,001	0,0017
Aluminium	g/m <sup>3</sup>	0,08	- 0,7	<0,1	
TOC (organischer Kohlenstoff)	g/m <sup>3</sup>	3,1	- 5,1	1,0	- 1,8