

Jetzt  
kaufen auf  
[shop.wvgw.de](http://shop.wvgw.de)

Als Print oder  
PDF-Download

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.



• [www.dvgw-forschung.de](http://www.dvgw-forschung.de)

# Untersuchungen zur Entwicklung von Spitzenverbrauch und Spitzenfaktoren

## Abschlussbericht

### **Tobias Martin**

DVGW Technologiezentrum Wasser Abteilung Verteilung

### **Dr. Andreas Korth**

DVGW Technologiezentrum Wasser Abteilung Verteilung

### **Dr. Martin Wagner**

DVGW Technologiezentrum Wasser Abteilung Verteilung

**Herausgeber**

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3

53123 Bonn

T +49 228 91885

F +49 228 9188990

[info@dvwg.de](mailto:info@dvwg.de)

[www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

# **Untersuchungen zur Entwicklung von Spitzenverbrauch und Spitzenfaktoren**

## **Abschlussbericht**

Oktober 2021

DVGW-Förderkennzeichen W201712



## Zusammenfassung

Für die Bemessung von Anlagen sind der Spitzenverbrauch bzw. die Spitzenfaktoren relevant (DVGW W 410). Diese werden maßgeblich durch die Struktur des Versorgungsgebietes und dem Verbrauchsverhalten der Abnehmer bestimmt, welches in vielen Fällen deutlich durch das Wetter beeinflusst ist. Im Gegensatz zum durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch sind für die auslegungsrelevanten Parameter Spitzenverbrauch und Spitzenfaktoren bisher keine umfassenden Langzeitbetrachtungen durchgeführt worden, aus den sich allgemeingültige Aussagen ableiten lassen. Im Ergebnis des veränderten Wasserbedarfs im Sommer 2018 wurde in Abstimmung mit dem Projektkonsortium und der Projektbegleitgruppe, die im Projekt zu untersuchenden Fragestellungen folgendermaßen definiert:

- a) Untersuchungen hinsichtlich der Entwicklung des Stunden- und Tagesspitzenfaktors in den zurückliegenden Jahren
- b) Überprüfung der Ansätze zur Berechnung des Stunden- und Tagesspitzenfaktors in der W 410
- c) der Identifikation von Berechnungsansätzen mit Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren auf den Wasserbedarf ausgerichtet.

Das Forschungsprojekt wurde von 19 Wasserversorgungsunternehmen aus unterschiedlichen Regionen in Deutschland unterstützt, wobei Daten abgefragter Kennwerte sowie Zeitreihen übergeben wurden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die im Arbeitsblatt W 410 enthaltenen Funktionskurven zur Ermittlung des Tages- und Stundenspitzenfaktors anhand der Einwohnerzahl tendenziell zu einer Überschätzung des Spitzenverbrauchs in kleineren Versorgungsgebieten führen. Durch eine Überschätzung entstehen entsprechende Resilienzen innerhalb des Systems, die unter dem Gesichtspunkt sich verändernder Randbedingungen zur Versorgungssicherheit beitragen. Eine Überprüfung der Berechnungsformeln nach W 410 anhand aktueller Daten bestätigte im Wesentlichen die bisherige Funktionskurve für Tagesspitzenfaktoren. Für Stundenspitzenfaktoren würde eine Anhebung im Bereich der Versorgungsgebiete > 100.000 Einwohner die Versorgungssicherheit erhöhen. Für Versorgungsgebiete < 100.000 Einwohner kann der bisherige Funktionsverlauf beibehalten werden. Aus den Projektergebnissen geht hervor, dass ein Anpassungsbedarf des DVGW Arbeitsblattes W 410 nicht zwingend erforderlich ist, da die im Arbeitsblatt beschriebenen Formeln nur als Dimensionierungshilfe zu sehen sind. Die Varianz zwischen den Versorgungsgebieten in den von den WVU übermittelten Daten zum Tages- und Stundenspitzenverbrauch sowie der hohen Multikollinearität zwischen den Einflussgrößen erschwert die Berechnung robuster Regressionskoeffizienten für die Ermittlung eines allgemeingültigen Berechnungsansatzes mit Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wie Temperatur, Niederschlag und Struktur des Versorgungsgebietes. Für die Weiterentwicklung eines einfachen Berechnungsansatzes unter Berücksichtigung weiterer Einflussparameter wie Klima und Infrastruktur ist eine Verbesserung der Datengrundlage für Infrastrukturdaten notwendig. Mithilfe datengetriebener Modelle ist eine individuelle Betrachtung des Versorgungsgebietes für die Berechnung und Prognose von mittleren und Spitzenbedarfswerten mit geringen Abweichungen und der Bewertung der Einflussfaktoren möglich.



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Wissensstand.....	3
2.1	Begrifflichkeiten und technisches Regelwerk.....	3
2.2	Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch .....	4
2.3	Mathematische Verfahren .....	8
2.3.1	Lineare Regression.....	8
2.3.2	Neuronale Netze (NN) .....	8
2.3.3	Ermittlung von Funktionskoeffizienten durch Verlustfunktion und Kleinste- Quadrate-Methode.....	10
2.3.4	Ermittlung eines Vertrauensintervalls durch Bootstrapping-Verfahren.....	10
2.3.5	Detektion von Ausreißern mittels Box-Plot-Verfahren .....	10
2.3.6	Detektion von Multikollinearität mittels Variance Inflation Factor (VIF) .....	11
2.3.7	Ermittlung der Wichtung von Einflussfaktoren mittels Permutationstest .....	11
2.3.8	Root Mean Square Error (RMSE) .....	12
2.3.9	Determinationskoeffizient ( $R^2$ ).....	12
3	Datengrundlage.....	13
3.1	Wasserverbrauchsdaten .....	13
3.2	Wetterdaten .....	15
3.3	Infrastrukturdaten .....	16
4	Methodischer Ansatz.....	17
5	Datenvorbereitung (Preprocessing).....	20
5.1	Kennzahlendaten .....	20
5.2	Wetter- und Infrastrukturdaten.....	20
5.3	Finales Datenset .....	23
6	Explorative Datenanalyse.....	25
6.1	Trendverhalten der Tagesspitzenfaktoren .....	25
6.2	Trendverhalten der Stundenspitzenfaktoren.....	26
6.3	Eintrittszeitpunkt des Tages- und Stundenspitzenfaktors .....	28
7	Tagesspitzenfaktor $f_d$ .....	29
7.1	Vergleich mit DVGW W 410 .....	29
7.2	Anpassung der Koeffizienten der Berechnungsformel nach W 410 .....	31
7.3	Lineares Berechnungsmodell .....	33
7.4	Einzelfallbetrachtungen .....	37
7.4.1	Entwicklung des Spitzenbedarfs und Tagesspitzenfaktors .....	39
7.4.2	Berechnung des Tagesspitzenfaktors mit Hilfe eines spezifischen Modells .....	42
7.5	Zusammenfassung.....	47
8	Stundenspitzenfaktor $f_h$ .....	49
8.1	Vergleich mit DVGW W 410 .....	49
8.2	Anpassung der Koeffizienten der Berechnungsformel nach W 410 .....	50
8.3	Lineares Berechnungsmodell .....	53
8.4	Einzelfallbetrachtung.....	56

8.4.1	Berechnung des Stundenspitzenfaktors mit Hilfe eines spezifischen Modells ..	57
8.5	Zusammenfassung.....	60
9	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	62
10	Ausblick .....	65
11	Literatur .....	66
12	Formelverzeichnis.....	67
13	Abbildungsverzeichnis .....	68
14	Tabellenverzeichnis .....	71
Anhang.....		72