

WASSERBEDARF UND SPITZENVERBRAUCH

Teil 1: Modelle zur Kurzzeitprognose des
Wasserbedarfs

Teil 2: Entwicklung des Spitzenverbrauchs
und der Spitzenfaktoren

Veröffentlichungen aus dem
DVGW-Technologiezentrum Wasser

Teil 1: Modelle zur Kurzzeitprognose des Wasserbedarfs

Abschlussbericht zum DVGW-Forschungsvorhaben W 201715
Stand und Perspektiven zum Einsatz von Algorithmen und Modellen
zur Kurzzeitprognose für den Wasserbedarf

Tobias Martin, Dr. Andreas Korth
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Dresden

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Aktueller Wissensstand	2
2.1	Begriffsdefinition.....	2
2.2	Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch	2
2.3	Prognosemodelle	3
2.4	Anwendungsfelder	4
3	Umfrage zu Stand und Perspektiven in der Wasserversorgung.....	6
4	Charakterisierung ausgewählter Modelle.....	13
4.1	Lineare Regression	13
4.2	Least Absolute Shrinkage and Selection Operator Regression	14
4.3	Künstliche Neuronale Netze	15
4.4	Support Vektor Regression	17
4.5	K-Nearest-Neighbor	18
4.6	ARIMA und ARIMAX	19
4.7	Entwicklungsumgebung	20
5	Methodik der Modellierung	21
5.1	Übersicht der Anwendungsfälle.....	21
5.2	Datengrundlage.....	22
5.2.1	Einflussfaktoren.....	22
5.2.2	Einfluss des Datenrückblicks.....	23
5.3	Datenaufbereitung (Preprocessing).....	24
5.4	Training, Test und Validierung.....	25
5.5	Bewertungskriterien der Prognosegüte	28
5.5.1	Determinationskoeffizient R^2	28
5.5.2	Root Mean Square Error (RMSE).....	28
5.5.3	Bewertung der Prognose von Spitzenbedarfswerten	28
6	Ergebnisse der statistischen Modelle	30
6.1	Tageswasserbedarf.....	30
6.1.1	Gesamte Wasserbedarfswerte	30
6.1.2	Spitzenbedarfswerte	33
6.2	Stundenwasserbedarf	35
6.2.1	Gesamte Wasserbedarfswerte	35
6.2.2	Spitzenbedarfswerte	38
7	Ergebnisse der Zeitreihenmodelle	40
7.1	Tageswasserbedarf.....	41
7.2	Stundenwasserbedarf	43
8	Diskussion der Ergebnisse	45
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	51
10	Literatur	53

11	Formelverzeichnis.....	58
12	Abkürzungsverzeichnis	59
13	Abbildungsverzeichnis	60
14	Tabellenverzeichnis	62
15	Anhang.....	63

Teil 2: Entwicklung des Spitzenverbrauchs und der Spitzenfaktoren

Abschlussbericht zum DVGW-Forschungsvorhaben W 201712
Untersuchungen zur Entwicklung von Spitzenverbrauch und
Spitzenfaktoren

Tobias Martin, Dr. Andreas Korth, Dr. Martin Wagner
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Dresden

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Wissensstand.....	3
2.1	Begrifflichkeiten und technisches Regelwerk.....	3
2.2	Einflussfaktoren auf den Wasserverbrauch	5
2.3	Mathematische Verfahren	8
2.3.1	Lineare Regression	8
2.3.2	Neuronale Netze (NN).....	9
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.....	11
2.3.6	Detektion von Multikollinearität mittels Variance Inflation Factor (VIF).....	11
2.3.7	Ermittlung der Wichtung von Einflussfaktoren mittels Permutationstest.....	12
2.3.8	Root Mean Square Error (RMSE).....	12
2.3.9	Determinationskoeffizient (R^2).....	12
3	Datengrundlage.....	14
3.1	Wasserverbrauchsdaten	14
3.2	Wetterdaten	16
3.3	Infrastrukturdaten	17
4	Methodischer Ansatz.....	18
5	Datenvorbereitung (Preprocessing).....	21
5.1	Kennzahlendaten	21
5.2	Wetter- und Infrastrukturdaten.....	21
5.3	Finales Datenset	24
6	Explorative Datenanalyse.....	26
6.1	Trendverhalten der Tagesspitzenfaktoren	26
6.2	Trendverhalten der Stundenspitzenfaktoren.....	27
6.3	Eintrittszeitpunkt des Tages- und Stundenspitzenfaktors	29
7	Tagesspitzenfaktor f_d	30
7.1	Vergleich mit DVGW W 410	30
7.2	Anpassung der Koeffizienten der Berechnungsformel nach W 410	32
7.3	Lineares Berechnungsmodell	34
7.4	Einzelfallbetrachtungen	38
7.4.1	Entwicklung des Spitzenbedarfs und Tagesspitzenfaktors	40
7.4.2	Berechnung des Tagesspitzenfaktors mit Hilfe eines spezifischen Modells.....	43
7.5	Zusammenfassung.....	48
8	Stundenspitzenfaktor f_h	50
8.1	Vergleich mit DVGW W 410	50
8.2	Anpassung der Koeffizienten der Berechnungsformel nach W 410	51
8.3	Lineares Berechnungsmodell.....	54

8.4	Einzelfallbetrachtung.....	58
8.4.1	Berechnung des Stundenspitzenfaktors mit Hilfe eines spezifischen Modells ..	59
8.5	Zusammenfassung.....	63
9	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	64
10	Ausblick.....	67
11	Literatur	68
12	Formelverzeichnis.....	69
13	Abbildungsverzeichnis	70
14	Tabellenverzeichnis	73
15	Anhang.....	74