



**Labor für Integrale Planung und Sanitärtechnik**

Technologie-Campus Steinfurt

Stegerwaldstraße 39

48565 Steinfurt

**Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker**

**Stefan Cloppenburg M.Eng.**

**FORSCHUNGSBERICHT**

**Temperaturschwankungen in Trinkwasserinstallationen**

Ursachen | Sofortmaßnahmen | Planungsanforderungen

## **AUTOREN**

### **Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker**

LEHR- UND FORSCHUNGSGEBIET:

SANITÄRTECHNIK, STRÖMUNGSTECHNIK, INTEGRALE PLANUNG, BIM, FERNWÄRMENETZE

FACHBEREICH ENERGIE · GEBÄUDE · UMWELT

LABOR FÜR INTEGRALE PLANUNG UND SANITÄRTECHNIK

### **Stefan Cloppenburg M.Eng.**

TEAMLEITUNG FORSCHUNG UND DRITTMITTEL

FACHBEREICH ENERGIE · GEBÄUDE · UMWELT

LABOR FÜR INTEGRALE PLANUNG UND SANITÄRTECHNIK

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Anforderungen .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Druckschwankungen durch zusätzliche Entnahmen.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Einfluss der Rohrleitungsinstallation.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Einfluss der Installationsvarianten.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Einfluss des Druckniveaus .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Einfluss der Armaturentechnik.....</b>	<b>13</b>
7.1	Thermostatarmaturen .....	19
7.2	Einhebelmischer mit Druckausgleichsfunktion.....	19
<b>8</b>	<b>Sofortmaßnahmen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen.....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>Anforderungen an die Planung.....</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>Praxisbeispiele.....</b>	<b>25</b>
10.1	Wohngebäude.....	25
10.2	Hotel.....	32
<b>11</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>34</b>
<b>I.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>35</b>
<b>II.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>37</b>
<b>III.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>38</b>

## 1 Einleitung

Variierende Druckverhältnisse, auch Druckschwankungen genannt, können das an der Entnahmemarmatur eingestellte Mischungsverhältnis von Kalt- und Warmwasser maßgeblich verändern, so dass Temperaturschwankungen von z.B. 22 K auftreten können (38 °C → 60 °C). Die Folge sind Verbrühungen mit entsprechenden Gesundheits- und Rechtsfolgen. Es reichen natürliche Entnahmevorgänge außerhalb der Spitzenlastzeiten aus, um erhöhte Druckschwankungen am Armaturenanschluss zu erzeugen. Das Druckschwankungspotenzial einer Trinkwasserinstallation wird von diversen Faktoren bestimmt, die bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden müssen. Die Sensitivität der Entnahmemarmaturen gegenüber Druckschwankungen ist dabei primär von auslaufseitigen Wasserspareinrichtungen abhängig. Hierbei ist eine ungünstige gegenläufige Tendenz zwischen den klassischen Wassersparmaßnahmen und dem Verbrühungsschutz festzustellen.

## 2 Anforderungen

Nach DIN EN 1111 darf die Mischwassertemperatur max. 1 s von der eingestellten Temperatur mit einer Amplitude von mehr als 3 K abweichen<sup>1</sup>. Es ist zu beachten, dass Druckänderungen durch parallele Entnahmevorgänge i.d.R. länger dauern (z.B. Betätigung Spülkasten). Das SVGW-Merkblatt W10006 d definiert Temperaturschwankungen von 2 K als akzeptables Maß.<sup>2</sup> Dieses entspricht der höchsten Anforderungsstufe (III) nach VDI 6003, die geringste Anforderungsstufe (I) toleriert ein Temperaturabweichung von +/- 5K.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> DIN EN 1111: Sanitärarmaturen - Thermostatische Mischer (PN 10) - Allgemeine technische Spezifikation, 2017

<sup>2</sup> SVGW W10006 d: SVGW Merkblatt W10006d: Druck- und Temperaturschwankungen, 2016

<sup>3</sup> VDI 6003: Trinkwassererwärmungsanlagen - Komfortkriterien und Anforderungsstufen für Planung, Bewertung und Einsatz, 2018

### 3 Druckschwankungen durch zusätzliche Entnahmen

In nachfolgenden Abbildungen ist beispielhaft der Druckverlauf von Kalt- und Warmwasser an einer Entnahmemarmatur dargestellt. Abbildung 3-1 zeigt den Ausgangszustand mit einregulierter Wunschtemperatur (z.B. 38 °C), Abbildung 3-2 die Druckänderung durch zusätzliche Entnahme im System. Für die Druckbetrachtung wird die Entnahmemarmatur in Regelorgan (1) und Mischkanal (2) unterteilt.

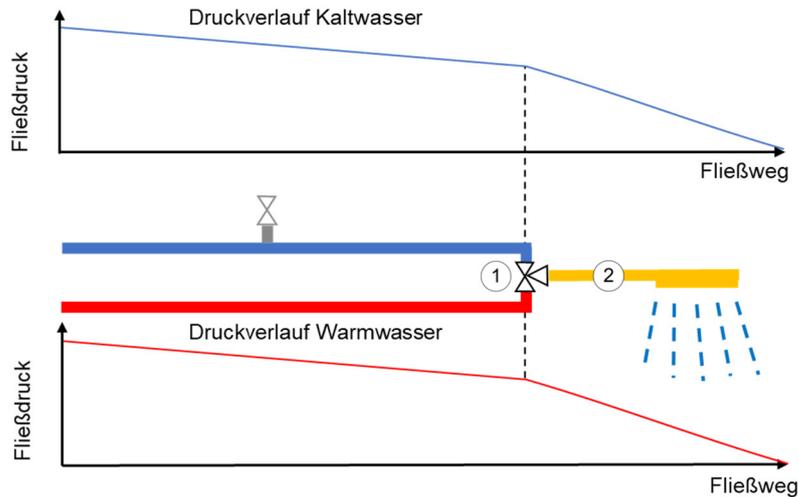


Abbildung 3-1: Druckverlauf Kalt- und Warmwasser im einregulierten Zustand (z.B. 38 °C am Auslauf)<sup>4</sup>

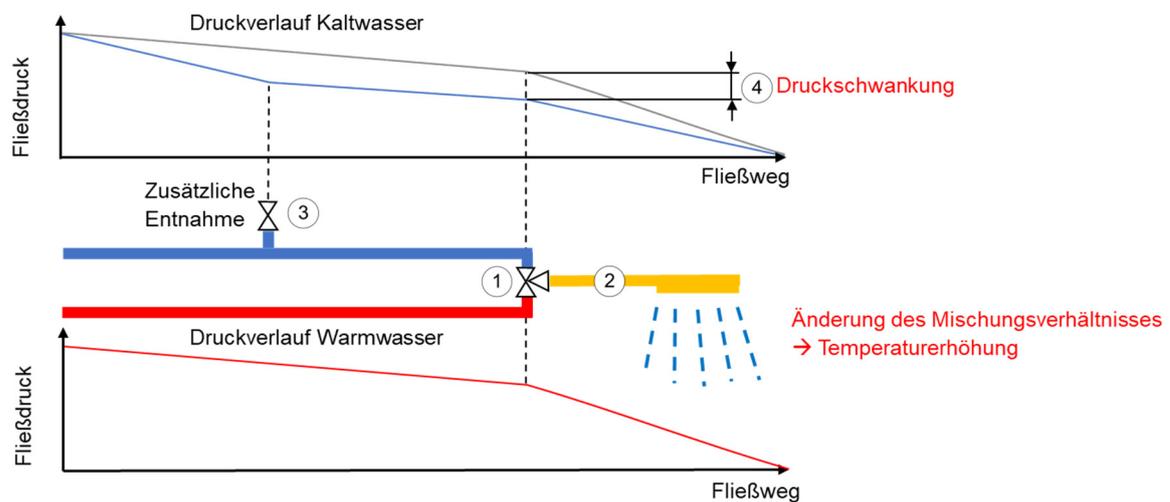


Abbildung 3-2: Druckverlauf Kalt- und Warmwasser mit zusätzlicher Entnahme im System<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Abbildung in Anlehnung an SVGW Merkblatt W10006d: Druck- und Temperaturschwankungen, 2016

<sup>5</sup> Abbildung in Anlehnung an SVGW Merkblatt W10006d: Druck- und Temperaturschwankungen, 2016

Durch eine zusätzliche Entnahme in der vorgeschalteten Kaltwasser-Installation (3) wird der Anschlussfließdruck am Regelorgan (1) reduziert. Die Differenz zum vorher einregulierten Zustand stellt die Druckschwankung dar (4). In Abhängigkeit vom Widerstand im Mischkanal (z.B. durch Auswahl des Strahlreglers) kann diese Druckschwankung eine temperaturkritische Änderung des Mischungsverhältnisses zur Folge haben.

Die Druckschwankung am Armaturenanschluss entspricht der Druckverluständerung im gemeinsamen Fließweg der betrachteten Entnahmearmatur und des zusätzlichen Verbrauchers (blauer Fließweg in Abbildung 3-3).

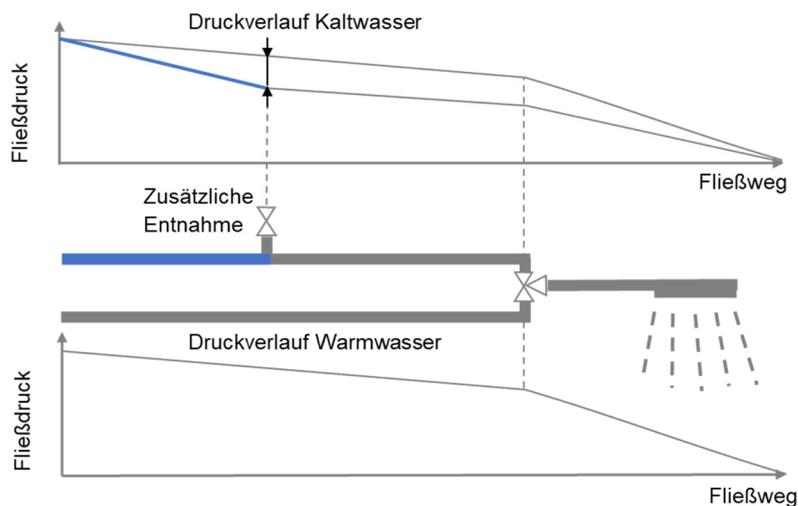


Abbildung 3-3: Druckverluständerung im gemeinsamen Fließweg<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Abbildung in Anlehnung an SVGW Merkblatt W10006d: Druck- und Temperaturschwankungen, 2016

#### 4 Einfluss der Rohrleitungsinstallation

Die Druckschwankung entspricht der Druckverluständerung im gemeinsamen Fließweg bei paralleler Entnahme (vgl. Abbildung 3-3).

$$\text{Druckschwankung} = |\Delta p_2| - |\Delta p_1|$$

$\Delta p_1$  = Druckverlust im einregulierten Zustand (z.B. Auslauftemperatur von 38 °C)

$\Delta p_2$  = Druckverlust durch zusätzliche Entnahme im Fließweg (z.B. Spülkasten)

Der Druckverlust einer Teilstrecke durch Rohrreibung und Einzelwiderstände resultiert aus folgender Gleichung:

$$\Delta p = \left( \sum \zeta + \frac{l}{d_i} * \lambda \right) * \frac{\rho}{2} * c^2$$

$\zeta$  = Widerstandsbeiwert [1]

$l$  = Rohrleitungslänge [m]

$d_i$  = Rohrinne Durchmesser [m]

$\lambda$  = Rohrreibungszahl [1]

$\rho$  = Dichte [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  = Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Aus diesem Zusammenhang kann folgendes abgeleitet werden:

***Je größer die Einzelwiderstände ( $\sum \zeta$ ), je länger die Rohrleitung ( $l$ ), je höher die Entnahme des zusätzlichen Verbrauchers ( $\dot{V} = c \cdot A$ ) und je kleiner die Durchmesser des gemeinsamen Fließwegs ( $d_i$ ), desto größer ist die resultierende Druckschwankung ( $\Delta p$ )!***

Es wird deutlich, dass überdimensionierte Trinkwasserinstallationen i.d.R. weniger anfällig für Druck- und Temperaturschwankungen sind. Diese Aussage ist nicht allgemein gültig, da die Dimensionierung der Verteil- und Einzelzuleitungen differenziert betrachtet werden muss. Eine Installation größerer Rohrleitungsdimensionen als hydraulisch notwendig, verstößt gegen die a.a.R.d.T. und ist aus hygienischen Gründen als kritisch zu bewerten. Variable Parameter um erhöhte Druckschwankungen zu vermeiden, sind die Fließweglängen und die Anordnung von Spitzenverbrauchern. Durch eine mittige Einspeisung und symmetrische Verteilung können die Fließweglängen maßgeblich reduziert werden. Spitzenverbraucher sind möglichst nahe der Einspeisung bzw. im Bereich der Verteil- und Strangleitungen anzuordnen, um den gemeinsamen Fließweg bei paralleler Entnahme zu reduzieren. Da zentral installierte Anlagen, Apparate und Bauteile die Druckverluständerung in jedem nachgeschalteten Fließweg beeinflussen, sollten an diesen Stellen bereits erhöhte Druckverluste vermieden werden.

Zu nennen sind hier z.B.

- Enthärtungsanlagen
- Druckerhöhungsanlagen
- Trinkwassererwärmungsanlagen
- UV-Desinfektionsanlagen
- ...

In Abbildung 4-1 ist ein Strangschema eines Pflegeheims dargestellt<sup>7</sup>. Das Berechnungsmodell ergab, dass der Großteil der Druckverluste der Nasszellen-Stockwerksleitung zuzuordnen ist (gelb markiert). In dem Beispiel wird durch die Nutzung des WC's 2.9 (2. OG / 9. WC) eine Druckabsenkung von 845 hPa an dem Kaltwasser-Duschanschluss erzeugt (blau markiert). Der Druckverlustanteil der Nasszellen-Stockwerksleitung beträgt 75 % (633 hPa).<sup>8</sup>

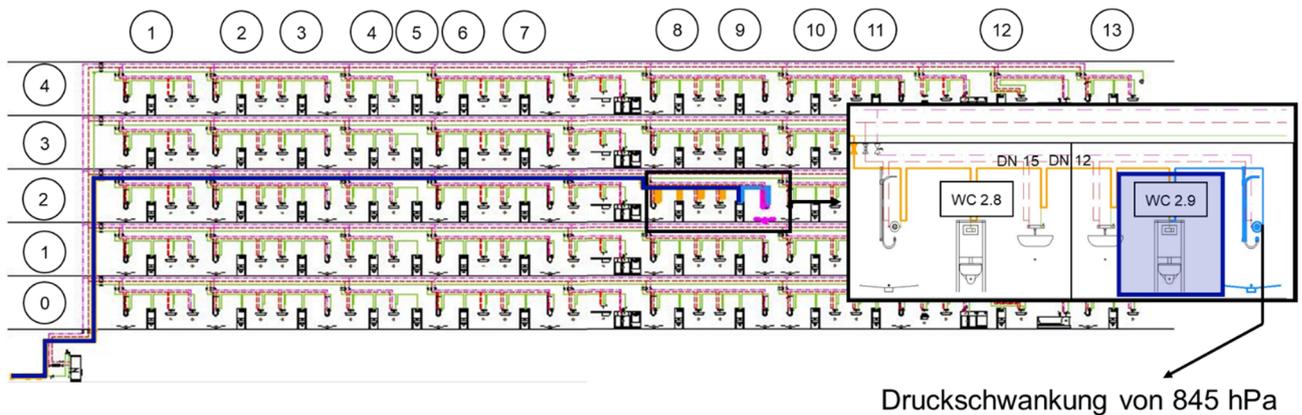


Abbildung 4-1: Druckschwankung durch zusätzliche Entnahme in der gleichen Nasszelle<sup>9</sup>

Wird das vorgeschaltete WC 2.8 im angrenzenden Raum (2.OG / 8. WC) betätigt, so beträgt die Druckschwankung an dem Kaltwasser-Duschanschluss (blau markiert) 379 hPa (Abbildung 4-2). Eine deutliche Reduzierung, jedoch können auch bei diesem Wert unzulässig hohe Temperaturschwankungen nicht pauschal ausgeschlossen werden. Weitere Parameter wie die Armaturentechnik sind bei einer Risikoabschätzung einzubeziehen.

<sup>7</sup> Berechnungen aus Masterarbeit Bernd Harker: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021

<sup>8</sup> Hinweis: Bis auf WC 2.9 und die markierte Dusche wurden alle Entnahmestellen außer Betrieb genommen.

<sup>9</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

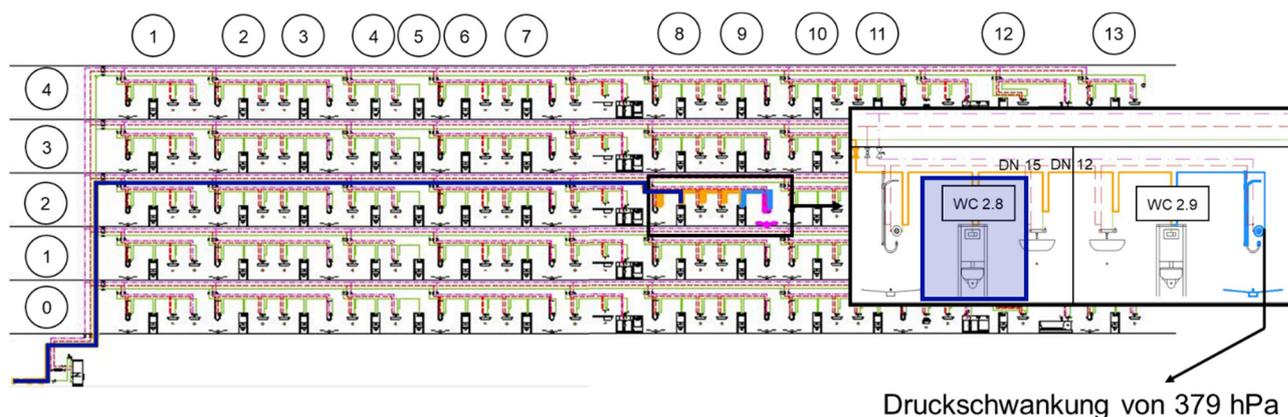


Abbildung 4-2: Druckschwankung durch zusätzliche Entnahme in der angrenzenden Nasszelle<sup>10</sup>

In Abbildung 4-3 sind die an der betrachteten Dusche (2.OG) resultierenden Druckschwankungen bei Betätigung verschiedener Spülkästen dargestellt. WC-Spülungen auf den Geschossen 0, 1, 3 und 4 erzeugen aufgrund des gleich langen gemeinsamen Fließwegs (Steigstrang und vorgeschaltete Verteilleitung) auch gleiche Druckschwankungen. Je länger der gemeinsame Fließweg zweier Entnahmestellen, desto größer der Einfluss bei paralleler Entnahme. Dementsprechend nehmen die Druckschwankungen auf Ebene 2 in Richtung Dusche stetig zu.

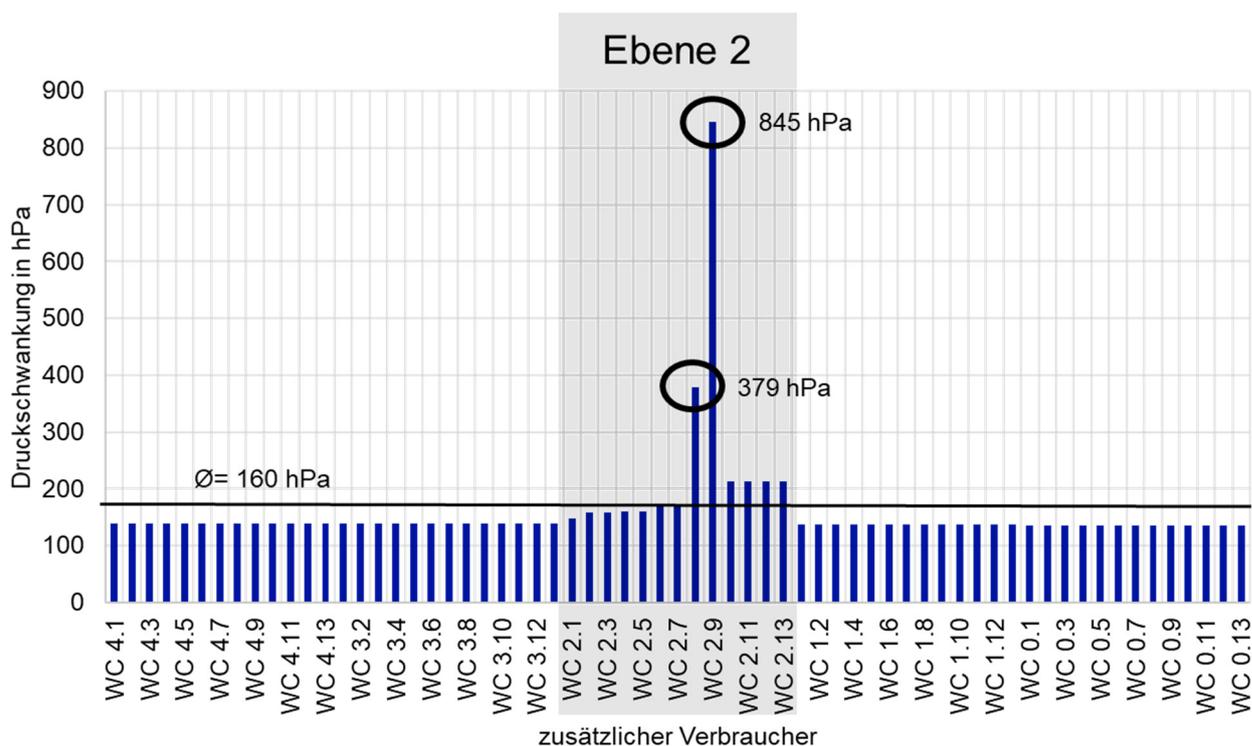


Abbildung 4-3: Einfluss des gemeinsamen Fließwegs auf Druckschwankungen<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

<sup>11</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

## 5 Einfluss der Installationsvarianten

Obenstehende Fließwegbetrachtung (Abbildung 4-3) führt zu der Schlussfolgerung, dass möglichst wenige Nasszellen über eine gemeinsame Stockwerksleitung versorgt werden sollten. Alternativ und kostengünstiger ist die Auswahl einer geeigneten Installationsvariante. Abbildung 5-1 zeigt die Druckverluste für verschiedene Installationsvarianten. Äquivalent zur Abbildung 4-2 wird die Dusche im 2.OG betrachtet und das WC 2.8 in der angrenzenden Nasszelle betätigt. **Bei einer Strömungsteiler-Installation kann durch die beidseitige Versorgung der Entnahmestellen die Druckverluständerung im gemeinsamen Fließweg deutlich reduziert werden. Dementsprechend ist das Druck- bzw. Temperaturschwankungsrisiko bei dieser Installationsvariante am geringsten.** Insbesondere Doppelnasszellen, wie sie in Zweckgebäuden (z.B. Kliniken, Hotels, Altenpflegeheime) häufig vorkommen, sollten wg. des gemeinsamen Fließwegs über Strömungsteiler angeschlossen werden.

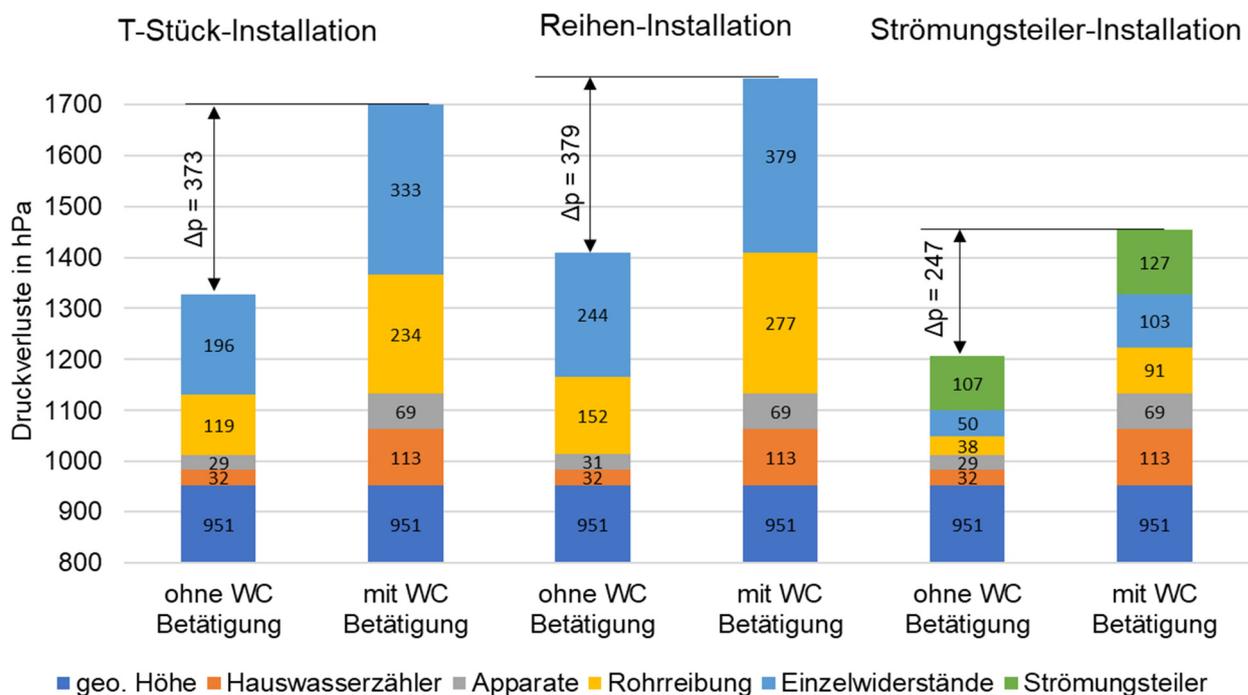


Abbildung 5-1: Einfluss der Installationsvarianten auf Druckschwankungen<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

## 6 Einfluss des Druckniveaus

Die wissenschaftlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass gleiche Druckschwankungen auf einem höheren Druckniveau geringere Volumenstromänderungen ergeben als auf einem geringeren Druckniveau (Abbildung 6-1).

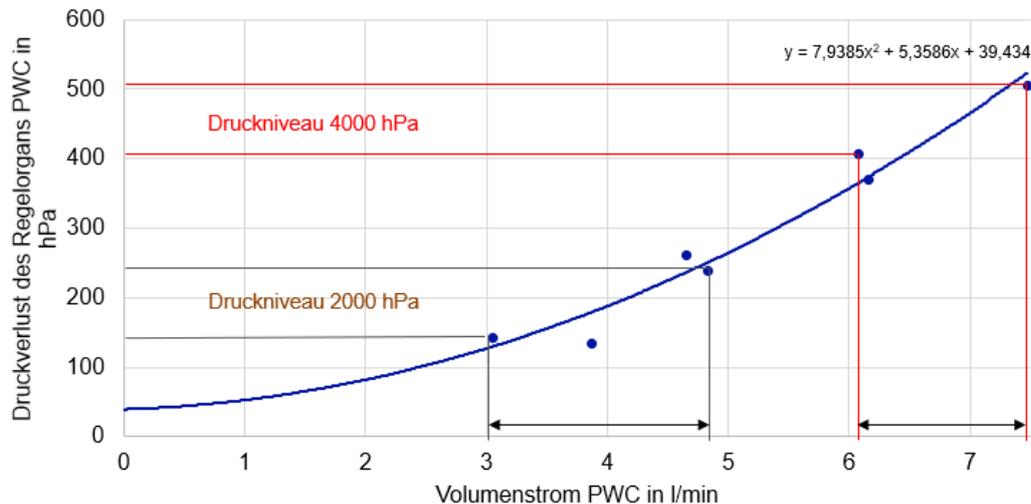


Abbildung 6-1: Volumenstromänderungen bei gleicher Druckschwankung in Abhängigkeit vom Druckniveau<sup>13</sup>

Eine geringere Volumenstromänderung ergibt konstantere Mischwassertemperaturen und somit reduzierte Temperaturschwankungen. Die Temperaturschwankungen in Abhängigkeit vom Druckniveau sind beispielhaft in Abbildung 6-2 dargestellt. Da bei der zugrundeliegenden Anlagenkonstellation die Anforderungen für Temperaturschwankungen ( $\leq 2$  K) nicht eingehalten werden können, müssen weitere Maßnahmen ergriffen werden (z.B. Austausch des Strahlreglers).

**Eine Druckerhöhung (Voraussetzung: Eingangsdruck Druckminderer größer als Ausgangsdruck) ist als Sofortmaßnahme geeignet, sofern der maximal zulässige Ruhedruck von 5.000 hPa an Entnahmestellen eingehalten wird und angeschlossene Apparate, sofern keine entsprechende Druckbeständigkeit gegeben ist, über einen zusätzlichen Druckminderer in der Einzelanschlussleitung verfügen.**

<sup>13</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

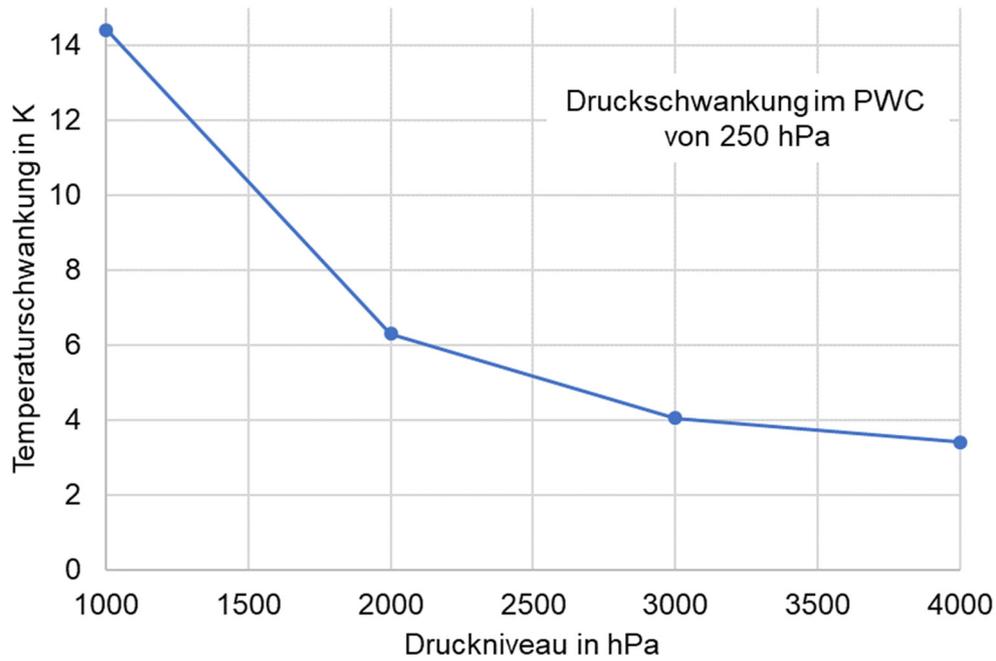


Abbildung 6-2: Temperaturschwankungen in Abhängigkeit des Druckniveaus (Anschlussfließdruck) an einem Einhebelmischer mit Wasserspar-Strahlregler Typ: A<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

## 7 Einfluss der Armaturentechnik

Die Rohrleitungsverteilung, die Anordnung von Spitzenverbrauchern und die Auswahl der Installationsvarianten beeinflussen maßgeblich die Druckschwankungshöhe bei parallelen Entnahmevorgängen. Das Ausmaß der resultierenden Temperaturschwankungen wird dabei primär von der Armaturentechnik bestimmt.

Aus früheren Untersuchungen ist bereits bekannt, dass der höchste Druckverlust einer Armatur am Strahlregler auftritt. Die entsprechende Durchflussreduzierung ist gewünscht und dient als gängige Wassersparmaßnahme.<sup>15</sup>

Im Rahmen einer Masterarbeit wurden Einhebelmischer und verschiedene Strahlregler im Prüfstand untersucht. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 7-1 dargestellt. Die Durchflussklassen der untersuchten Strahlregler können Abbildung 7-2 entnommen werden.



Abbildung 7-1: Versuchsaufbau zum Einfluss der Armaturentechnik auf Temperaturschwankungen

---

<sup>15</sup> Müller, Lukas: Projektierung und Inbetriebnahme eines Versuchsstandes zur Ermittlung hydraulischer Parameter von Entnahmearmaturen, 2016 (Bachelorarbeit)

	statische Strahlregler						dynamische Strahlregler (Durchflussmengenbegrenzer)			
Durchflussklasse	Z	A	S	B	C	D	2,0 l/min	4,5 l/min	7,0 l/min	8,3 l/min
Durchfluss bei 3.000 hPa in l/min	7,5 – 9,0	13,5 – 15,0	18,0 – 19,8	22,8 – 25,2	27,0 – 30,0	34,8 – 37,8	2	4,5	7,0	8,3

Nach VDI 6024 gefordert (nachhaltiger Wasserverbrauch)

Abbildung 7-2: Durchflussklassen der untersuchten Strahlregler

In Abbildung 7-3 sind die resultierenden Temperaturschwankungen bei einer Druckschwankung von 1.000 hPa am Kaltwasser-Armaturenanschluss dargestellt. Die minimale Anforderung einer maximalen Temperaturschwankung von 5 K kann mit keinem der untersuchten Strahlregler erreicht werden. Mit sinkendem Durchfluss bzw. höherem Druckverlust im Mischkanal nehmen die Temperaturschwankungen zu. Bei dem Strahlregler Typ Z konnten Temperschwankungen von > 20 K festgestellt werden, so dass die Auslauftemperatur der maximalen Wassertemperatur von 60 °C entspricht.

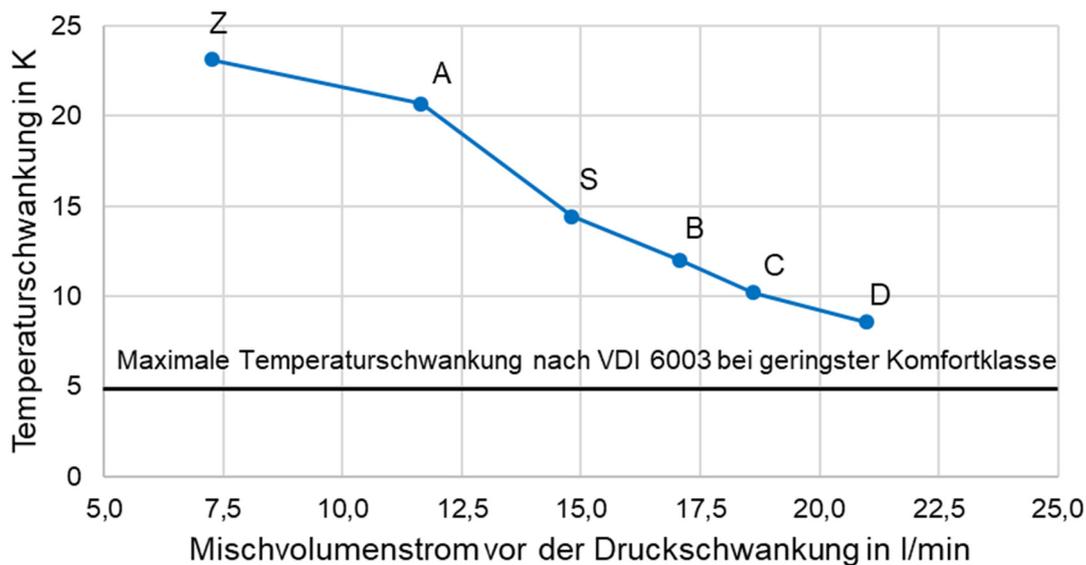


Abbildung 7-3: Temperaturschwankungen an einem Einhebelmischer in Abhängigkeit vom Strahlregler<sup>16</sup>

Für die weiterführende Untersuchung wurde der Fließweg PWC entsprechend Abbildung 7-4 untersucht. Die Druckverluste eines Einhebelmischers können dem Regelorgan oder dem Mischkanal (Staudruck) zugeordnet werden. Der Mischkanal umfasst alle Bauteile in Fließrichtung nach dem

<sup>16</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

Regelorgan (z.B. Auslauf, Strahlregler, Duschbrausen inkl. Rohrleitungen und Schlauchverbindungen).

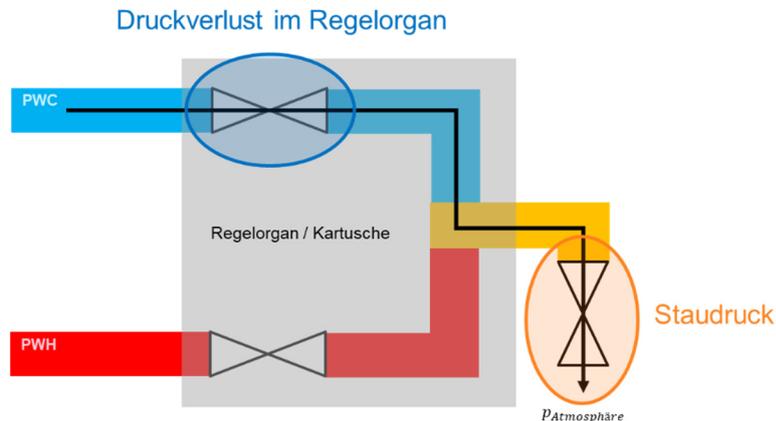


Abbildung 7-4: Prinzipielle Darstellung des untersuchten Fließwegs

In Abbildung 7-5 ist die Druckverlustverteilung für einen Einhebelmischer mit statischen Strahlreglern dargestellt. Hierbei ist (1) der einregulierte Zustand<sup>17</sup> und (2) der Zustand nach der Druckschwankung<sup>18</sup>. **Kennzeichnende Größe für die Sensitivität einer Armatur gegenüber Druckschwankungen ist der Staudruck im Mischkanal, verursacht z.B. durch Wasserspar-Strahlregler (z.B. Typ Z) oder -Brausen. Je geringer der Staudruck bzw. je höher der Druckverlust im Regelorgan, desto geringer die Temperaturschwankungen.**

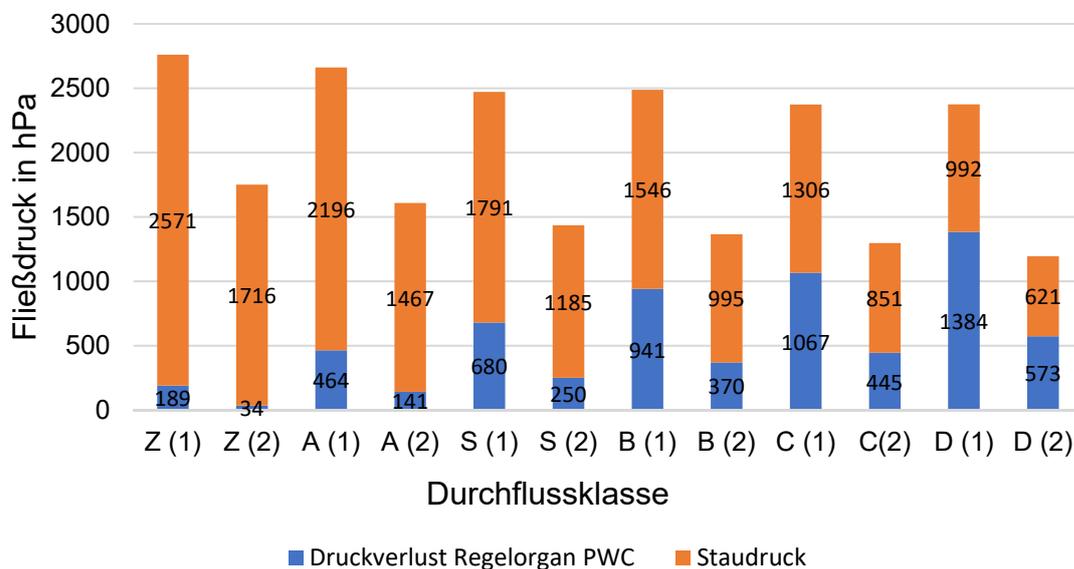


Abbildung 7-5: Druckverlustanteile der Einhebelmischer mit statischen Strahlreglern<sup>19</sup>

<sup>17</sup> Mischwassertemperatur von 38 °C / Symmetrische Druckverhältnisse PWC & PWH am Armaturenanschluss

<sup>18</sup> ca. 1.000 hPa Druckverlust im PWC bei Verwendung des Strahlreglers vom Typ A

<sup>19</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

Dynamische Strahlregler (Durchflussmengenbegrenzer) drosseln den Volumenstrom auf einen konstanten Wert. Da der Druckabbau erst unmittelbar am Strahlregler stattfindet, wird der Anschlussfließdruck größtenteils in Staudruck umgesetzt. Abbildung 7-6 zeigt die ungünstige Druckverlustverteilung an der Armatur bei Einsatz eines Mengenbegrenzers der Durchflussklasse 2 l/min. Im einregulierten Zustand<sup>20</sup> (1) werden lediglich 1 % der Druckverluste durch das Regelorgan erzeugt (7 % bei Mengenbegrenzer 8,3 l/min). Nach der Druckschwankung im PWC<sup>21</sup> (2) entspricht die Auslauftemperatur bei allen Strahlreglern der max. Warmwassertemperatur von 60 °C. **Der negative Druckverlust im Regelorgan (roter Bereich) kennzeichnet Überströmen. In diesem Fall fließt Warmwasser in die Kaltwasser-Einzelzuleitung, sofern keine Rückflussverhinderer eingebaut sind (Abbildung 7-7).**

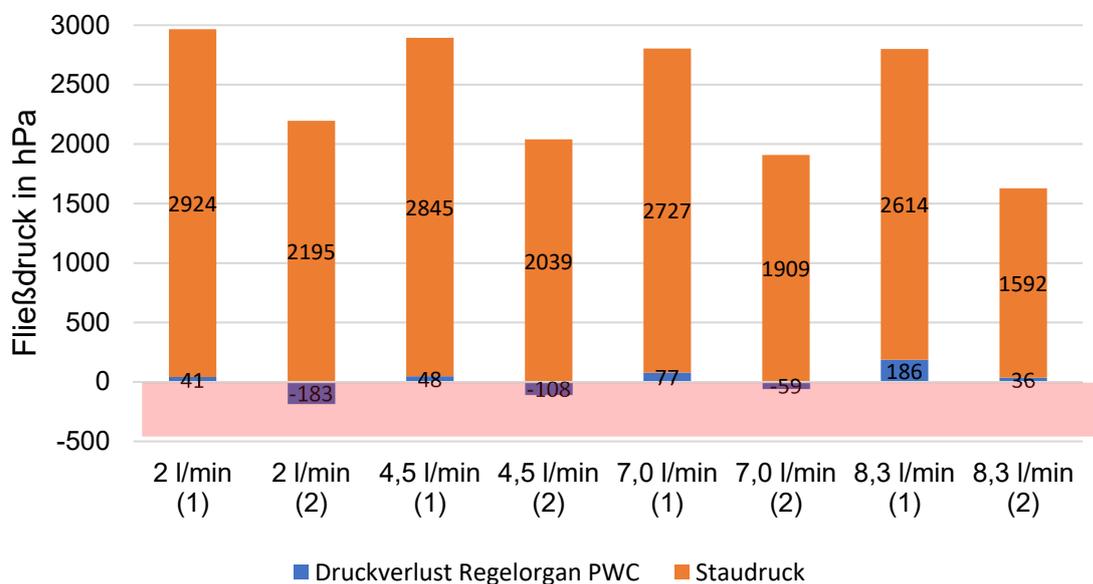


Abbildung 7-6: Druckverlustanteile der Einhebelmischer mit dynamischen Strahlreglern<sup>22</sup>

<sup>20</sup> Mischwassertemperatur von 38 °C / Symmetrische Druckverhältnisse PWC & PWH am Armaturenanschluss

<sup>21</sup> ca. 1.000 hPa Druckverlust im PWC bei Verwendung des Strahlreglers vom Typ A

<sup>22</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

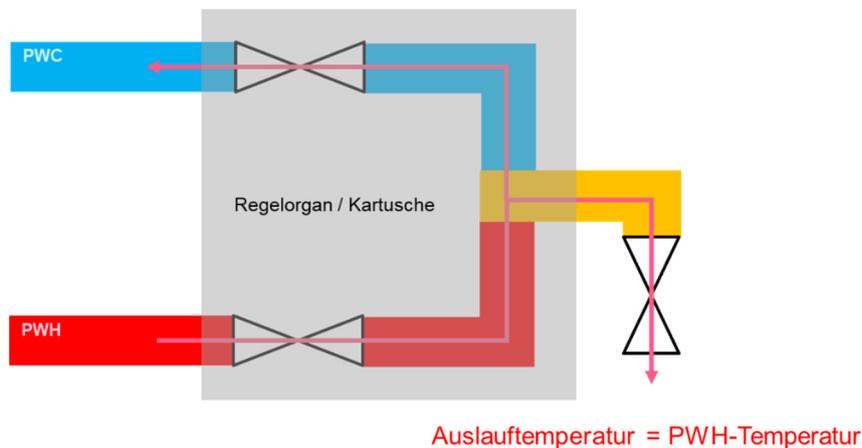


Abbildung 7-7: Stromfaden PWH bei Überströmen

Um das Überströmen darzustellen, ist der Druck- und Temperaturverlauf für Kalt-, Warm- und Mischwasser für einen dynamischen Strahlregler vom Typ 2 l/min in Abbildung 7-8 exemplarisch dargestellt. **Durch die zusätzliche Wasserentnahme im PWC übersteigt der Staudruck im Mischkanal den Fließdruck in der Kaltwasser-Anschlussleitung. Warmwasser fließt in den Kaltwasseranschluss, die Auslauftemperatur entspricht somit der maximalen Warmwassertemperatur.**

**Neben der Nichteinhaltung der DIN EN 1717<sup>23</sup> bezogen auf eine zu installierende Sicherungseinrichtung zwischen den Flüssigkeitskategorien 1 (Kaltwasser) und 2 (Warmwasser) führt ein Überströmen zu unzulässigen Temperaturen im Kaltwasser. Temperaturen im mikrobiologischen Wachstumsbereich (20 °C – 55 °C<sup>24 25</sup>) erhöhen signifikant das Kontaminationsrisiko (z.B. mit Legionella spec.).**

<sup>23</sup> DIN EN 1717: Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Technische Regel des DVGW, 2011

<sup>24</sup> DIN 1988-200: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW, 2012

<sup>25</sup> DVGW-Information Wasser Nr. 74: Hinweise zur Durchführung von Probennahmen aus der Trinkwasser-Installation für die Untersuchung auf Legionellen, 2012

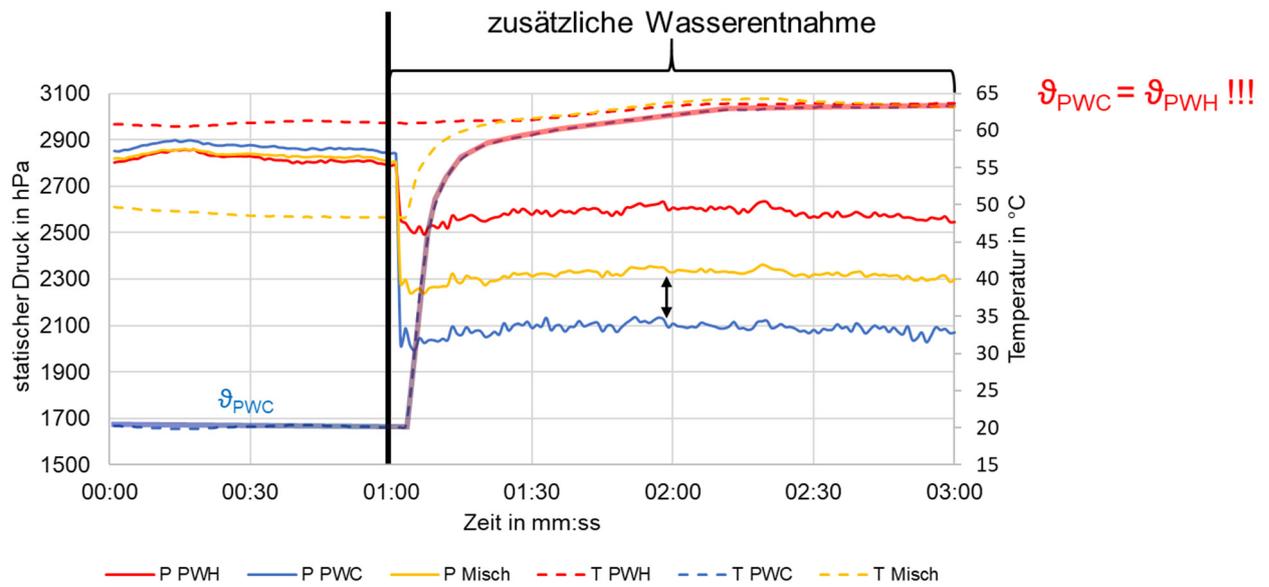


Abbildung 7-8: Druck- und Temperaturverlauf an einem Einhebelmischer mit dynamischen Strahlregler (2 l/min)<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)

## 7.1 Thermostatarmaturen

Sinkt der Fließdruck im Kaltwasseranschluss vergrößert das Thermostat den Druckverlust im Warmwasseranschluss, so dass die Auslauftemperatur der gewählten Einstellung entspricht. Durch die Druckverlusterhöhung im Warmwasser und der Druckabsenkung im Kaltwasser wird der Mischwasservolumenstrom insgesamt reduziert. Hieraus resultiert ein geringerer Staudruck im Mischkanal, so dass Thermostatarmaturen nicht der obenstehenden Problematik unterliegen.

Messtechnische Untersuchungen belegen, dass Thermostatarmaturen, die eine hohe Regelgüte aufweisen, Temperaturschwankungen sehr schnell ausregeln können (keine Komforteinbußen), sofern diese regelmäßig gewartet werden. Das Wartungsintervall ist dabei stark abhängig von der Wasserhärte, da eine Kalkausfällung maßgeblich die Funktionstüchtigkeit des Thermostats beeinflusst. **Durch Einsatz hochwertiger Thermostatarmaturen können Temperaturschwankungen von  $> 20\text{ K}$  auf  $\leq 2\text{ K}$  reduziert werden.**

## 7.2 Einhebelmischer mit Druckausgleichsfunktion

Im Rahmen der messtechnischen Untersuchungen im Labor wurden Einhebelmischer untersucht, die über eine spezielle Kartusche mit Druckausgleichsfunktion verfügen. Bei einer Absenkung des Fließdrucks auf z.B. der Kaltwasserseite wird ein mechanischer Widerstand in die Warmwasserseite geschoben. **Hierdurch konnten Temperaturschwankungen von ursprünglich  $> 20\text{ K}$  ( $38\text{ °C} \rightarrow > 60\text{ °C}$ ) auf bis zu  $- 2\text{ K}$  ( $38\text{ °C} \rightarrow 36\text{ °C}$ ) reduziert werden.** Die Empfindlichkeit gegenüber Kalk war nicht Untersuchungsgegenstand, jedoch erscheint der Aufbau im Vergleich zu einem Thermostat simpel und dadurch vergleichsweise unempfindlich.

## 8 Sofortmaßnahmen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen

Die folgenden Sofortmaßnahmen können die Sensitivität der Entnahmearmaturen gegenüber Druckschwankungen maßgeblich reduzieren:

- **Senkung des Staudrucks im Mischkanal**
  - Einbau von druckverlustarmen Brausen und Strahlreglern (z.B. Typ D)
  - Volumenstrom im Regelorgan / Kartusche drosseln (sofern möglich)
  - Drosselung im Zulauf PWC / PWH der Armatur (z.B. Eckventil oder DMB<sup>27</sup>)

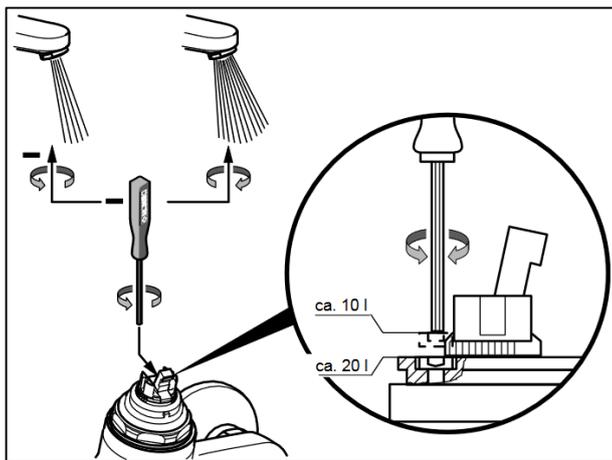


Abbildung 8-1: Statischer Abgleich über Kartusche<sup>28</sup> / Dynamischer Abgleich mittels DMB im Zulauf<sup>29</sup>

- **Hydraulisch günstige Entnahmestellen und Spitzenverbraucher im Durchfluss reduzieren (Zielgröße: Berechnungsdurchfluss)**
  - Spülkastenfüllventile drosseln
  - Kartuschen / Eckventile drosseln
  - DMB im Zulauf PWC / PWH der Armatur nachrüsten
  - Strangabgleich über Reguliertechnik
  - ...
- **Anlagendruck erhöhen** (max. Ruhedruck von 5.000 hPa an den Entnahmestellen)
  - Druckbeständigkeit angeschlossener Apparate prüfen (ggf. Druckminderer in Anschlussleitung nachrüsten)

<sup>27</sup> Hinweis: Der Einsatz von Durchflussmengenbegrenzern im Armaturenanschluss PWC und PWH begrenzt die Regelflanken eines Einhebelmischers, d.h. in einem Winkel von ca. 60° um die Mittelstellung des Hebels ist keine aktive Temperaturregelung durch den Nutzer möglich.

<sup>28</sup> Abbildung: HANSA Metallwerke AG: Installations- und Wartungsanleitung Einhebelmischer HANSAMEDICA

<sup>29</sup> Einsteck-Rückflussverhinderer mit integrierten Mengenregler (DMB)

- **Ggf. Druckminderer nachrüsten (Verbrauchsleitungen ohne Zirkulation)**
  - Eine Druckschwankung im vorgeschalteten Netz kann bis zur eingestellten Druckdifferenz am DM kompensiert werden
  - Beispiel:
    - Differenz Eingangsdruck zu Ausgangsdruck DM = 1.000 hPa
    - Bis zu einer Druckschwankung von 1.000 hPa im vorgeschalteten Verteilnetz sind keine Druck- bzw. Temperaturschwankungen zu erwarten
  
- **Ggf. Einbau von Thermostatarmaturen**
  - Anforderung: Hohe Regelgüte der Armatur und geringe Gefahr vor Verkalkung
  
- **Ggf. Einbau von Einhebelmischern mit Druckausgleichsfunktion**
  - Info: Keine Erfahrungswerte im Hinblick auf Verkalkung. Die Wartung hat nach Herstellerangaben zu erfolgen.

## 9 Anforderungen an die Planung

Folgende Planungsanforderungen können zur Minderung des Druckschwankungspotenzials empfohlen werden:

- **Rohrleitungsdimensionierung nach DIN 1988-300<sup>30</sup>** unter Berücksichtigung **realer Armaturen**kennwerte
- **Realisierung kurzer Fließwege** z.B. durch eine symmetrische Einspeisung und Rohrleitungsverteilung

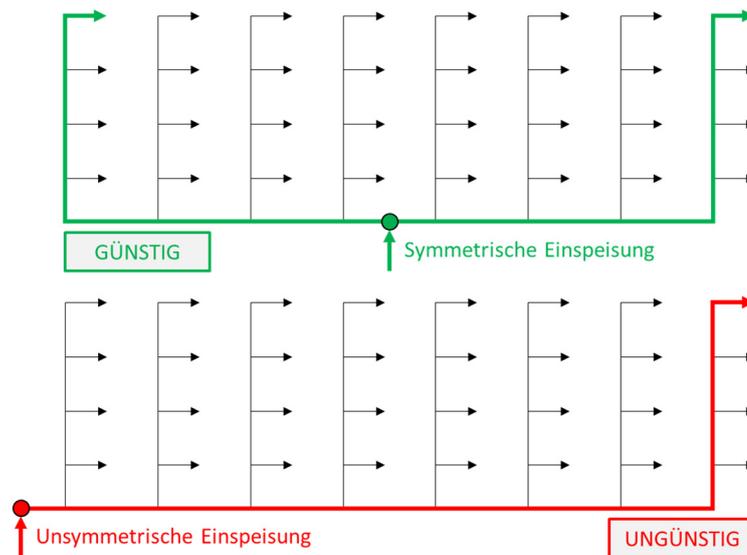


Abbildung 9-1: Realisierung kurzer Fließwege durch eine symmetrische Einspeisung

- **Spitzenverbraucher nicht endständig im Verteilnetz anordnen**
  - Ziel: Reduzierung des gemeinsamen Fließwegs bei paralleler Entnahme
- **Stockwerksverteilungen mit geringen Druckverlusten konzeptionieren**
  - Strömungsteiler- bzw. Ringleitungs-Installation aufgrund der Volumenstromaufteilung optimal
  - Reduzierung von Reihenleitungslängen
    - Beschränkung auf eine Nasszelle bzw. max. eine Doppelnasszelle

<sup>30</sup> DIN 1988-300: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW, 2012

- **Statischer Abgleich der Strang- und Verteilungen PWC / PWH** als Alternative zur Durchflussreduzierung an hydraulisch günstigen Entnahmestellen

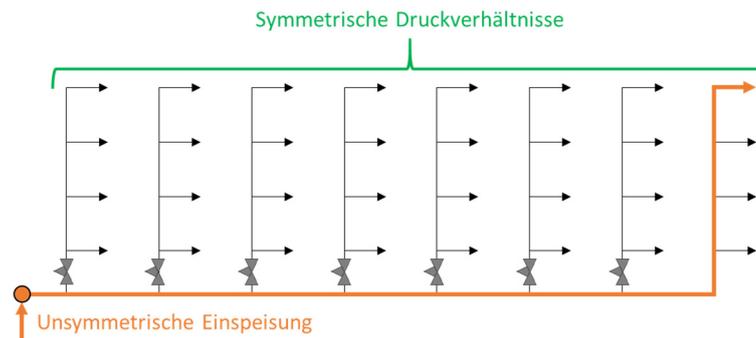


Abbildung 9-2: Statischer Abgleich der Verbrauchsleitungen PWC / PWH bei unsymmetrischer Einspeisung und Verteilung

- Nach DIN EN 806-2 (9.3.2) müssen an **Entnahmestellen mit besonderer Beachtung der Auslauftemperaturen (u.a. in Seniorenwohnheimen)** zur Verminderung des Risikos von Verbrühungen thermostatische Mischventile oder -batterien mit Begrenzung der oberen Temperatur eingesetzt werden
- Bei Trinkwasser im Härtebereich mittel bis hart muss **ohne Wasseraufbereitung langfristig mit einer Funktionseinschränkung des Thermostats** gerechnet werden
  - Eine Wartung der Armatur darf nur nach Herstellervorgaben von einem Fachinstallateur erfolgen
  - Bei einer unsachgemäßen Wartung besteht die Gefahr einer mikrobiellen Kontamination (z.B. mit Pseudomonas Aeruginosa oder Escherichia coli)
  - Alternative: Regelmäßiger Armaturentausch<sup>31</sup>
- **Einhebelmischer mit Sicherheitsanschlag können einen dauerhaften Verbrühungsschutz nicht gewährleisten** und dürfen nach DIN 1988-200 (9.3.2) nur in Wohngebäuden und vergleichbaren Einrichtungen eingebaut werden
- **Potenzielle Alternative:** Einhebelmischer mit Druckausgleichsfunktion (Stand- und Wandarmaturen)
  - Wartungsanforderungen und Störanfälligkeit (z.B. durch Kalkausfällung) sind bei dem Armaturenhersteller anzufragen!

<sup>31</sup> Hinweis: Einsteck-Rückflussverhinderer (nicht kontrollierbare Rückflussverhinderer) müssen gemäß DIN EN 806-5 jährlich inspiziert und spätestens alle 10 Jahre getauscht werden!

- **Auslegung von Druckerhöhungsanlagen (DEA)<sup>32 33</sup>**
  - Sofern keine verlässlichen Aussagen des WVU vorliegen oder der angegebene Druck im Grenzbereich liegt, sollte eine DEA bautechnisch vorgesehen, jedoch nicht angeschlossen werden.
  - Werden verschiedene Druckzonen vorgesehen, so sind zur Sicherstellung symmetrischer Druckverhältnisse zwingend die Anforderungen der DIN 1988-500<sup>34</sup> einzuhalten.

---

<sup>32</sup> Draxler, Erich: Druck- und Temperaturschwankungen an Entnahmestellen, 2020

<sup>33</sup> Koss, Sven: Temperaturschwankungen an Entnahmestellen in weitverzweigten Trinkwassersystemen – Problematik und Lösungsansatz, 2017

<sup>34</sup> DIN 1988-500: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 500: Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlgesteuerten Pumpen, 2021

## 10 Praxisbeispiele

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen konnten in der Praxis validiert werden. Nachfolgend werden exemplarisch die Erkenntnisse aus messtechnischen Analysen in einem Wohngebäude und einem Hotel dargestellt.

### 10.1 Wohngebäude

In einem größeren Wohnkomplex (86 Wohneinheiten / Bj: 2016) traten mit Inbetriebnahme der Trinkwasserinstallation Temperaturschwankungen auf, die entsprechende Beschwerden der Bewohner zur Folge hatten. **Im Rahmen der Unterlagenprüfung wurde bereits festgestellt, dass Entnahmearmaturen mit Durchflussmengenbegrenzer im Mischkanal installiert sind. Somit war noch nicht die Ursache der Druckschwankungen bekannt, jedoch konnte bereits eine Sofortmaßnahme zur Minderung der Temperaturschwankungen genannt werden. Die Maßnahme umfasst den Austausch der Durchflussmengenbegrenzer (5 l/min) durch durchsatzstarke Strahlregler (z.B. Typ D).** Da die dokumentierte Rohrleitungsplanung keine Ursache der Druckschwankungen ermitteln lies, wurden messtechnische Untersuchungen vor Ort durchgeführt. Die messtechnischen Untersuchungen fanden in verschiedenen Wohnungen (hydraulisch günstig und hydraulisch ungünstig gelegen) sowie parallel im Bereich der TW-Einspeisung und -Erwärmung statt. **Da im Bereich der Kaltwassereinspeisung und Trinkwassererwärmung weitestgehend konstante PWC- und PWH-Temperaturen vorlagen, konnte dieses als Ursache der Temperaturschwankungen ausgeschlossen werden (Abbildung 10-1).**

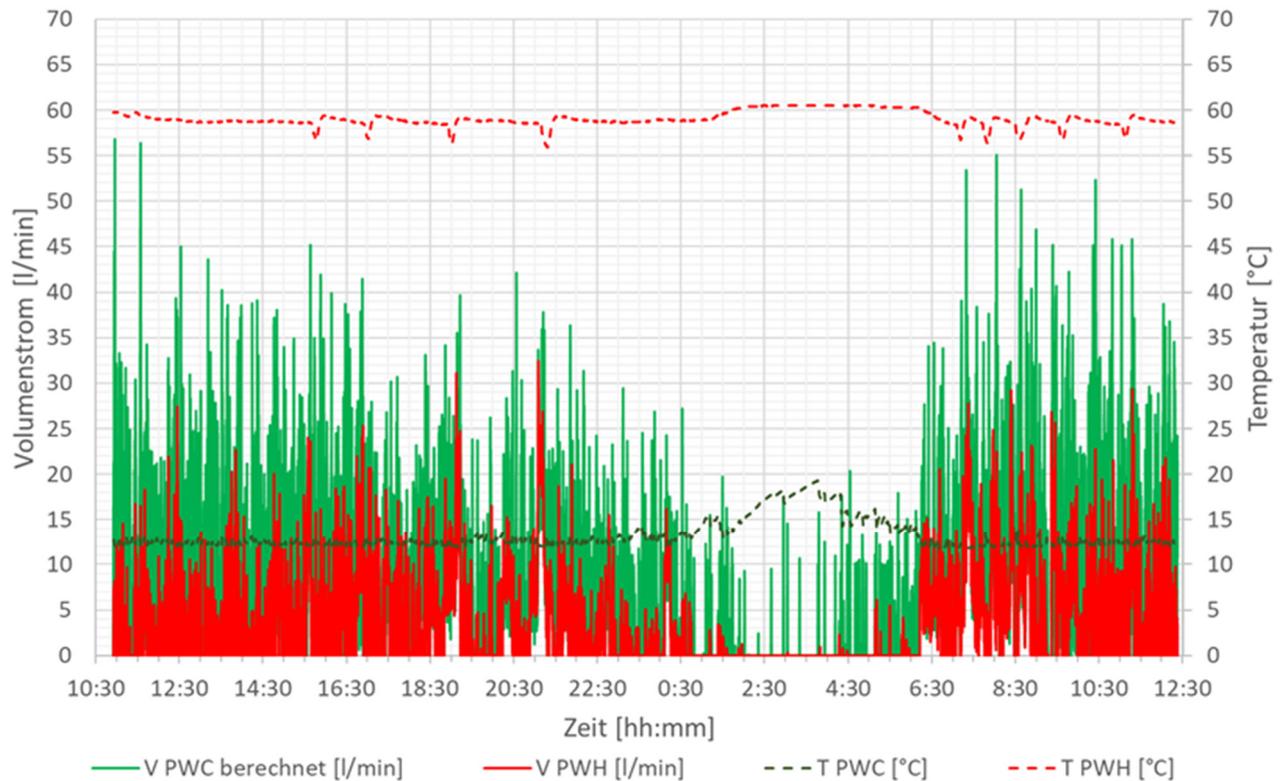


Abbildung 10-1: Volumenstrom und Temperatur im Bereich der TWE und PWC-Einspeisung

In Abbildung 10-2 ist der Druckverlauf an der PWC-Zuleitung der zentralen TWE für den 14.12.2021 (Grau) und für den 15.12.2021 (gelb) dargestellt. **Ausgehend von einem eingestellten Ausgangsdruck der installierten Druckerhöhungsanlage (DEA) von 5.500 hPa treten in diesem Bereich bereits Druckschwankungen von +750 hPa bis -500 hPa auf.** Diese Druckschwankungen sind bereits als sehr hoch zu bewerten.

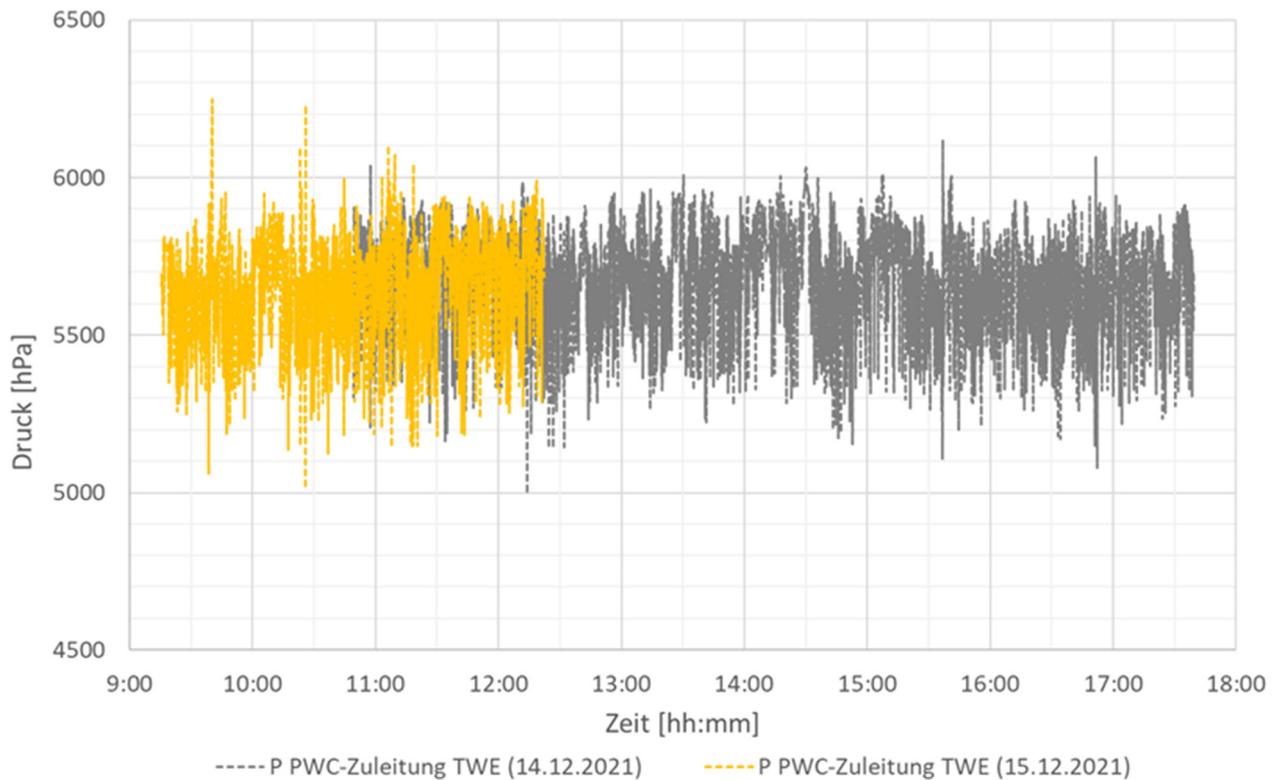


Abbildung 10-2: Druckverlauf an der PWC-Zuleitung TWE

**Durch eine Gegenüberstellung der Drücke an der PWC-Zuleitung TWE (siehe Abbildung 10-3) und der gemessenen Drücke an den Entnahmestellen der Wohnungen konnte die Ursache der Druckschwankungen auf die Druckerhöhungsanlage (DEA) eingegrenzt werden.** Die Differenz (gelb dargestellt) entspricht dem Druckverlust im Fließweg (Rohrreibung, Einzelwiderstände, geodätischer Höhenunterschied) und ist als nahezu konstant zu bewerten. Da der Druck vom WVU weitestgehend dem geforderten Druck am Ausgang der DEA entsprach, arbeitete die DEA nicht im vorgesehenen Arbeitsbereich und konnte damit als Ursache der Druckschwankungen identifiziert werden.

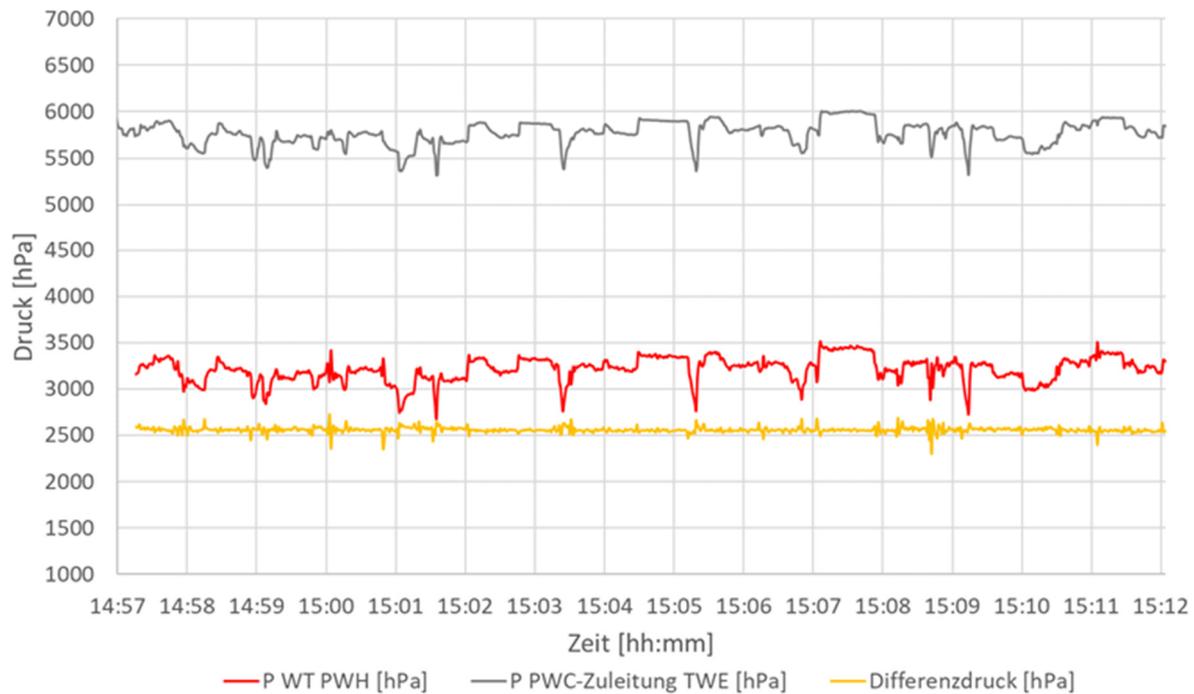


Abbildung 10-3: Druckverlauf WT-Einhebelmischer (Wohnung im 6.OG) und PWC-Zuleitung TWE (1. UG)

**Um übergangsweise die erhöhten Temperaturschwankungen zu reduzieren wurden durchsatzstarke Strahlregler an den Entnahmestellen montiert.** Der Effekt dieser Maßnahme soll anhand von Untersuchungsergebnissen aus den Wohnungsmessungen veranschaulicht werden.

Abbildung 10-4 zeigt beispielhaft den Messaufbau in einer untersuchten Wohnung. Gemessen wurden Druck, Temperatur und Volumenstrom an den Eckventilen PWC und PWH sowie am Auslauf des Einhebelmischers (Mischkanal).



Abbildung 10-4: Druck-, Temperatur- und Volumenstrommessungen an einem WT-Einhebelmischer (Standarmatur)

In Abbildung 10-5 sind die Temperatur- und Druckverläufe bei Mischwasserentnahme an einem Waschtisch mit Original-DMB (5 l/min) dargestellt. **Die Betätigung des Spülkastens im gleichen Raum verursacht einen Anstieg der Mischwassertemperatur von 12 K.** Da der Fließdruck im Mischkanal (P Misch) weitestgehend den Fließdrücken PWC und PWH an den Eckventilen entspricht, wird ein Großteil des Anschlussdruckes in Staudruck im Auslauf umgesetzt. Die Armatur hat somit eine hohe Sensitivität gegenüber Druckschwankungen im Netz.

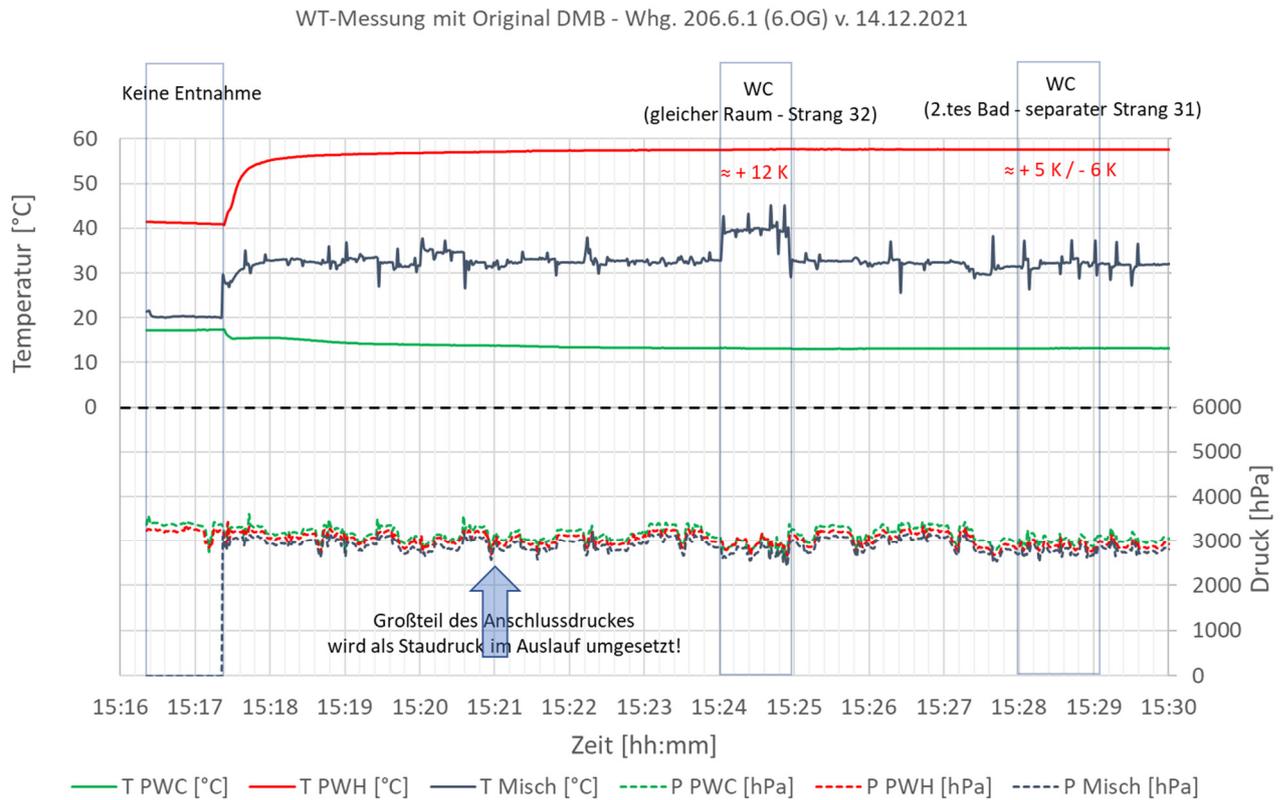


Abbildung 10-5: Druck- und Temperaturverlauf an einem WT-Einhebelmischer mit Original-DMB (5 l/min)

In Abbildung 10-6 ist die Vergleichsmessung nach **Austausch des Durchflussmengenbegrenzers (5 l/min) durch einen durchsatzstarken Strahlregler (Typ D)** dargestellt. Der Staudruck im Mischkanal konnte durch diese Maßnahme deutlich gesenkt werden. **Hierdurch konnte die Temperaturschwankung durch die parallele Betätigung des Spülkastens von vorher 12 K auf 2 K reduziert werden.** Druckschwankungen im Netz haben bei dieser Konstellation grundsätzlich weniger Einfluss auf die Mischwassertemperatur.

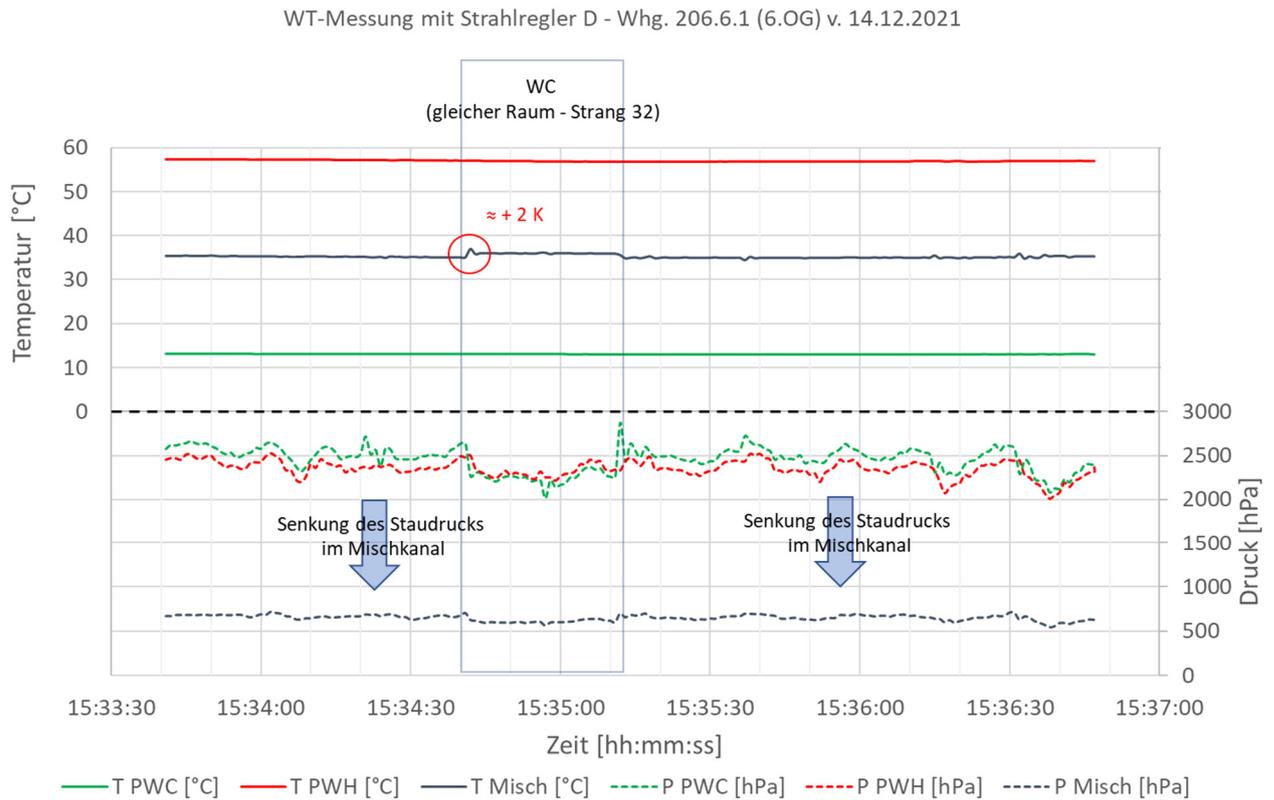


Abbildung 10-6: Druck- und Temperaturverlauf an einem WT-Einhebelmischer mit Strahlregler Typ D

Weitere **Alternativ-Sofortmaßnahmen** sind eine **Durchflussbegrenzung an der Kartusche** (sofern möglich) oder ein **zusätzlicher Druckverlust in der PWC- und PWH-Einzelzuleitung z.B. durch eine Durchflussreduzierung am Eckventil**. Beide Maßnahmen reduzieren effektiv den Staudruck am Mischkanal der Entnahmearmatur und stehen nicht im Widerspruch zu einem wassersparenden Einsatz. Da Eckventile in der Praxis aufgrund seltener Betätigung häufig nicht funktionsfähig sind, diese bestimmungsgemäß nicht für eine Regulierung vorgesehen und eine nutzerseitige Verstellung nicht ausgeschlossen werden kann, ist diese Maßnahme nur als temporäre Maßnahme zu verstehen.

**Ein Austausch der Entnahmearmatur durch eine regelmäßig gewartete Thermostatarmatur mit einer hohen Regelgüte oder durch einen Einhebelmischer mit Druckausgleichsfunktion sind Maßnahmen, falls die Ursachen der Druckschwankungen im System nicht nachhaltig beseitigt werden können.**

## 10.2 Hotel

In einem Hotel (5 Sterne / Bj 2017) wurden erhöhte Temperaturschwankungen von bis zu 20 K an den Entnahmestellen festgestellt. Zur Vermeidung entsprechender Gesundheits-, Rechts- und Betriebsfolgen wurde eine umgehende Ursachenanalyse durchgeführt. Diese umfasste eine Unterlagensichtung (u.a. technische Zeichnungen, Datenblätter, Rohrnetzberechnung) und eine messtechnische Untersuchung der Hydraulik vor Ort. **Äquivalent zu vorangegangenen Beispiel in einem Wohnkomplex konnten durch den Austausch von Durchflussmengenbegrenzern, Wasserspar-Strahlreglern und -Brausen die Sensitivität der Einhebelmischer gegenüber Druckschwankungen deutlich reduziert werden.** Ein Durchflussreduzierung an der Kartusche oder an Eckventilen war in diesem Fall nicht möglich, da es sich um Unterputz-Armaturen handelte.

Aus Designgründen wurden in den Duschen der Standardzimmer UP-Einhebelmischer eingebaut. Die Suiten verfügten über UP-Thermostatarmaturen in den Duschen. **Ein direkter Vergleich zwischen UP-Einhebelmischer und einer UP-Thermostatarmatur in einer Nasszelle zeigt die sehr gute Temperaturregelung der Thermostatarmatur (Abbildung 10-7).** Die installierten Thermostatarmaturen haben eine hohe Regelgüte. Aufgrund einer installierten Enthärtungsanlage bestand zudem kein erhöhtes Verkalkungsrisiko.

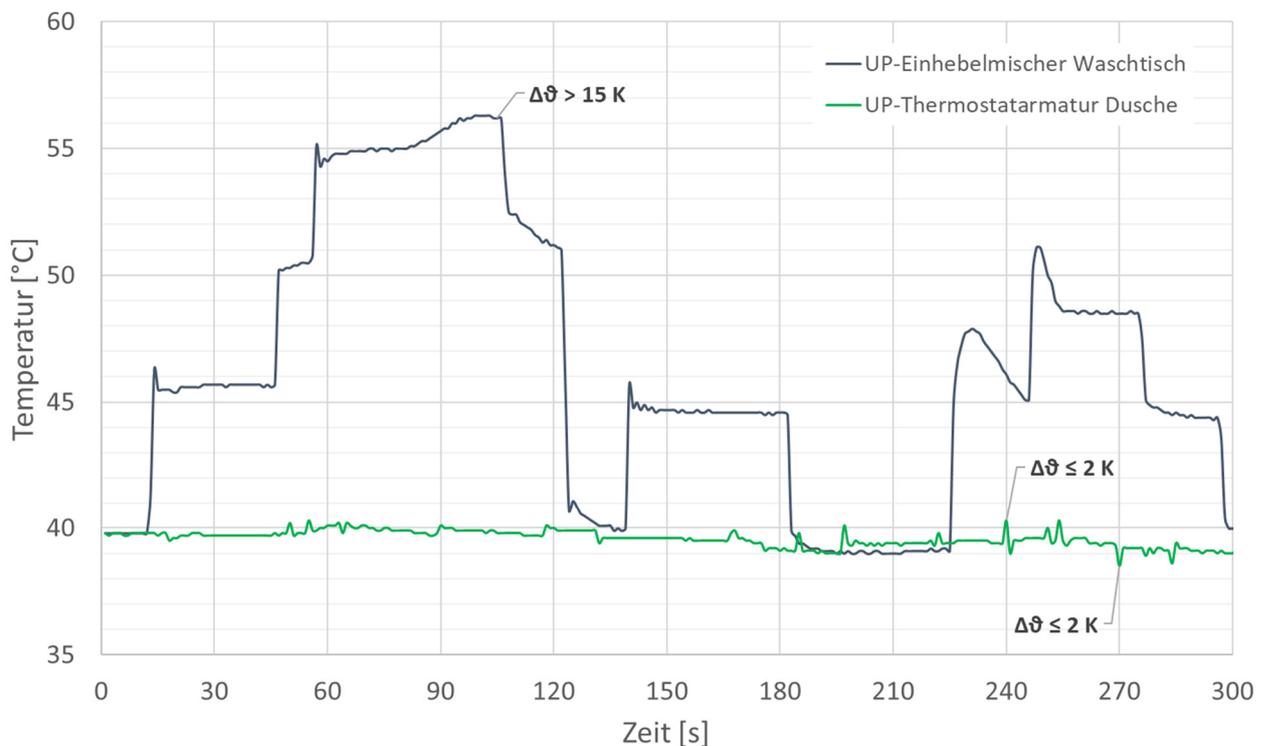


Abbildung 10-7: Temperaturverlauf Mischwasser für einen UP-Einhebelmischer und einer UP-Thermostatarmatur innerhalb einer Nasszelle

Es konnten u.a. die folgenden **Ursachen für die erhöhten Druck- bzw. Temperaturschwankungen** festgestellt werden:

- **Diskrepanz zwischen ausgeführter Installation und den Parametern der Rohrnetzbe-  
rechnung**
  - Entnahmestellen wurden falsch (Berechnungsdurchfluss Regendusche zu gering) o-  
der gar nicht berücksichtigt (Nachspeisung Schwimmbad)
  - Erhöhter Druckbedarf aufgrund von zusätzlichen Fittings für Umlenkungen innerhalb  
der Mehrschichtverbundrohr-Installation (Fittings mit schlechten Zeta-Werten)
- Das **unterdimensionierte Rohrleitungssystem** (siehe Punkt 1) reagiert sehr drucksensibel  
auf Entnahmevorgänge. Kaltwasserseitige Entnahmestellen wie Spülkästen, Spüleinrichtun-  
gen, Schwimmbad-Nachspeisung verursachen eine erhöhte Druckdifferenz PWC-PWH an  
der Mischwasser-Entnahmestelle
  - Der **Spitzendurchfluss der Schwimmbad-Nachspeisung** hatte zur Folge, dass die  
Kaltwasserversorgung in den oberen Geschossen (Suiten) vollständig unterbrochen  
wurde. Dementsprechend konnten in diesem Fall die sehr guten UP-Thermostatar-  
maturen den Störfall beim Duschen nicht vermeiden.
- **Hohe Sensitivität der Einhebelmischer gegenüber Druckschwankungen** aufgrund aus-  
laufseitiger Mengenbegrenzer, Wasserspar-Strahlregler und -Brausen
- **Zusätzlicher Druckverlust im gemeinsamen Fließweg** durch Enthärtungsanlage
- **Defekter Druckminderer**

Durch den Einbau eines Druckminderers in die PWC-Zuleitung der zentralen TWE konnten  
die Temperaturschwankungen nicht reduziert werden.

Beispiel:

- Mischwassertemperatur am Einhebelmischer eingestellt (z.B. 38 °C)
  - Druckabsenkung im PWC (z.B. durch parallele Betätigung eines Spülkastens)
  - Konstanter Fließdruck im PWH (Eingangsdruk DM > Ausgangsdruk DM)
- **Änderung des Mischungsverhältnisses = Temperaturerhöhung!**

## 11 Fazit

Ausführende Fachunternehmen und Fachplaner stehen in der Verantwortung ein mangelfreies Gewerk zu erbringen. Sie haben sicherzustellen, dass der Betreiber seiner Verkehrssicherungspflicht im Hinblick auf den Verbrühungsschutz nachkommen kann. Hierfür sind alle an der Erstellung einer Trinkwasserinstallation beteiligten Fachkreise (Fachplaner, Fachinstallateur und Hersteller) an einer lösungsorientierten Aufarbeitung der Problemstellung interessiert.

Temperaturschwankungen sind das Ergebnis eines veränderten Mischungsverhältnisses aufgrund von Druckschwankungen. Geringe Druckschwankungen durch natürliche Entnahmevorgänge sind normal und nicht zu vermeiden (Druckverlust im Fließweg). **Das Ausmaß der Druckschwankungen kann durch konstruktive Maßnahmen reduziert werden.** Das Verteilkonzept, die Stockwerksinstallation und das Druckniveau haben maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der Druckschwankungen. **Kurze Fließwege (z.B. durch symmetrische Einspeisung), geringere Druckverluste in der Stockwerksinstallation (z.B. durch Ring- und Strömungsteilerinstallation) und ein hohes Druckniveau reduzieren das Druckschwankungspotenzial der Trinkwasserinstallation.** Unabhängig von der Ausführung der Trinkwasserinstallation können Druckschwankungen zudem durch eine **falsch dimensionierte Druckerhöhungsanlage, einem defekten Druckminderer und einem schwankenden Versorgungsdruck** verursacht werden.

Marktübliche Wasserspareinrichtungen wie z.B. durchsatzreduzierte Strahlregler oder Wassersparbrausen erhöhen die Sensitivität der Entnahmearmaturen gegenüber Druckschwankungen. **Alternative Wasserspartechiken die den Volumenstrom bereits im Regelorgan (Kartusche) oder vorgeschaltet im Armaturenanschluss (z.B. mittels DMB) oder Einzelzuleitung drosseln sind zu bevorzugen. Als Sofortmaßnahme zur Minderung von Temperaturschwankungen können auslaufseitig durchsatzstarke Strahlregler eingesetzt werden.** Ziel dieser Sofortmaßnahme ist die Senkung des Staudrucks im Mischkanal.

**Thermostatarmaturen** können die Temperaturschwankungen auf ein akzeptables Maß ( $\approx 2\text{ K}$ ) reduzieren, sofern diese eine hohe Regelgüte aufweisen und insbesondere bei einer hohen Wasserhärte regelmäßig nach Herstellervorgaben gewartet werden.

Untersuchte **Einhebelmischer mit integrierter Druckausgleichsfunktion** (Stand- und Wandarmaturen) zeigten ein sehr gutes Regelverhalten und könnten als Alternative zu Thermostatarmaturen in Betracht gezogen werden. Es liegen keine Daten zur Funktionalität bei einer hohen Wasserhärte vor, jedoch lässt der konstruktive Aufbau eine Unanfälligkeit gegenüber Kalkausfällungen vermuten.

## I. Literaturverzeichnis

- [1] DIN 1988-200: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW, 2012
  
- [2] DIN 1988-300: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW, 2012
  
- [3] DIN 1988-500: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 500: Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlgesteuerten Pumpen, 2021
  
- [4] DIN EN 806-5: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 5: Betrieb und Wartung, 2012
  
- [5] DIN EN 1111: Sanitärarmaturen - Thermostatische Mischer (PN 10) - Allgemeine technische Spezifikation, 2017
  
- [6] DIN EN 1717: Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Technische Regel des DVGW, 2011
  
- [7] Draxler, Erich: Druck- und Temperaturschwankungen an Entnahmestellen, 2020  
20. Sanitärtechnisches Symposium Steinfurt, 2020. Online verfügbar unter:  
[https://www.fh-muenster.de/egu/downloads/seminar\\_symposium\\_workshop/2020/01\\_Draxler - Druck und Temperaturschwankungen an Entnahmestellen.pdf](https://www.fh-muenster.de/egu/downloads/seminar_symposium_workshop/2020/01_Draxler_-_Druck_und_Temperaturschwankungen_an_Entnahmestellen.pdf), zuletzt geprüft am 18.07.2024
  
- [8] DVGW-Information Wasser Nr. 74: Hinweise zur Durchführung von Probennahmen aus der Trinkwasser-Installation für die Untersuchung auf Legionellen, 2012

- [9] Koss, Sven: Temperaturschwankungen an Entnahmestellen in weitverzweigten Trinkwassersystemen – Problematik und Lösungsansatz, 2017  
17. Sanitärtechnisches Symposium Steinfurt, 2017. Online verfügbar unter:  
[https://www.fh-muenster.de/equ/downloads/seminar\\_symposium\\_workshop/02\\_-\\_Koss\\_-\\_Temperaturschwankungen.pdf](https://www.fh-muenster.de/equ/downloads/seminar_symposium_workshop/02_-_Koss_-_Temperaturschwankungen.pdf), zuletzt geprüft am 18.07.2024
- [10] Müller, Lukas: Projektierung und Inbetriebnahme eines Versuchsstandes zur Ermittlung hydraulischer Parameter von Entnahmearmaturen, 2016 (Bachelorarbeit)  
17. Sanitärtechnisches Symposium Steinfurt, 2017. Online verfügbar unter:  
[https://www.fh-muenster.de/equ/downloads/seminar\\_symposium\\_workshop/04\\_-\\_Mueller\\_-\\_Durchflusskennwerte.pdf](https://www.fh-muenster.de/equ/downloads/seminar_symposium_workshop/04_-_Mueller_-_Durchflusskennwerte.pdf), zuletzt geprüft am 18.07.2024
- [11] SVGW Merkblatt W 10 006d: Druck- und Temperaturschwankungen, 2016
- [12] VDI 6003: Trinkwassererwärmungsanlagen - Komfortkriterien und Anforderungsstufen für Planung, Bewertung und Einsatz, 2018
- [13] HANSA Metallwerke AG: Installations- und Wartungsanleitung HANSAMEDICA.  
Online verfügbar unter:  
<https://www.hansa.com/de/produkte/designlinien/hansamedica/brausebatte-rie/01670176#guides>, zuletzt geprüft am 18.07.2024.
- [14] Harker, Bernd: Untersuchungen zur Reduzierung von Temperaturschwankungen in Trinkwasser-Installationen, 2021 (Masterarbeit)  
21. Sanitärtechnisches Symposium Steinfurt, 2022. Online verfügbar unter:  
[https://www.fh-muenster.de/equ/downloads/seminar\\_symposium\\_workshop/2022/06\\_-\\_Harker\\_-\\_Erkenntnisse\\_zur\\_Reduzierung\\_von\\_Temperaturschwankungen\\_in\\_Trinkwasser-Installationen.pdf](https://www.fh-muenster.de/equ/downloads/seminar_symposium_workshop/2022/06_-_Harker_-_Erkenntnisse_zur_Reduzierung_von_Temperaturschwankungen_in_Trinkwasser-Installationen.pdf), zuletzt geprüft am 18.07.2024

## II. Abkürzungsverzeichnis

<b>a.a.R.d.T.</b>	allgemein anerkannte Regel(n) der Technik
<b>AP</b>	Aufputz
<b>DEA</b>	Druckerhöhungsanlage
<b>DM</b>	Druckminderer
<b>DMB</b>	Durchflussmengenbegrenzer
<b>PWC</b>	Trinkwasser, kalt
<b>PWC-C</b>	Trinkwasser, kalt, Zirkulation
<b>PWH</b>	Trinkwasser, warm
<b>PWH-C</b>	Trinkwasser, warm, Zirkulation
<b>SVGW</b>	Schweizer Fachverband für Wasser, Gas und Wärme
<b>TWE</b>	Trinkwassererwärmer / Trinkwassererwärmung
<b>UP</b>	Unterputz
<b>WVU</b>	Wasserversorgungsunternehmen

### III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Druckverlauf Kalt- und Warmwasser im einregulierten Zustand (z.B. 38 °C am Auslauf) .....	5
Abbildung 3-2:	Druckverlauf Kalt- und Warmwasser mit zusätzlicher Entnahme im System .....	5
Abbildung 3-3:	Druckverluständerung im gemeinsamen Fließweg .....	6
Abbildung 4-1:	Druckschwankung durch zusätzliche Entnahme in der gleichen Nasszelle .....	8
Abbildung 4-2:	Druckschwankung durch zusätzliche Entnahme in der angrenzenden Nasszelle .....	9
Abbildung 4-3:	Einfluss des gemeinsamen Fließwegs auf Druckschwankungen .....	9
Abbildung 5-1:	Einfluss der Installationsvarianten auf Druckschwankungen .....	10
Abbildung 6-1:	Volumenstromänderungen bei gleicher Druckschwankung in Abhängigkeit vom Druckniveau .....	11
Abbildung 6-2:	Temperaturschwankungen in Abhängigkeit des Druckniveaus (Anschlussfließdruck) an einem Einhebelmischer mit Wasserspar-Strahlregler Typ: A .....	12
Abbildung 7-1:	Versuchsaufbau zum Einfluss der Armaturentechnik auf Temperaturschwankungen .....	13
Abbildung 7-2:	Durchflussklassen der untersuchten Strahlregler .....	14
Abbildung 7-3:	Temperaturschwankungen an einem Einhebelmischer in Abhängigkeit vom Strahlregler .....	14
Abbildung 7-4:	Prinzipielle Darstellung des untersuchten Fließwegs .....	15
Abbildung 7-5:	Druckverlustanteile der Einhebelmischer mit statischen Strahlreglern .....	15
Abbildung 7-6:	Druckverlustanteile der Einhebelmischer mit dynamischen Strahlreglern .....	16
Abbildung 7-7:	Stromfaden PWH bei Überströmen .....	17
Abbildung 7-8:	Druck- und Temperaturverlauf an einem Einhebelmischer mit dynamischen Strahlregler (2 l/min) .....	18
Abbildung 8-1:	Statischer Abgleich über Kartusche / Dynamischer Abgleich mittels DMB im Zulauf .....	20
Abbildung 9-1:	Realisierung kurzer Fließwege durch eine symmetrische Einspeisung .....	22
Abbildung 9-2:	Statischer Abgleich der Verbrauchsleitungen PWC / PWH bei unsymmetrischer Einspeisung und Verteilung .....	23
Abbildung 10-1:	Volumenstrom und Temperatur im Bereich der TWE und PWC-Einspeisung ...	26
Abbildung 10-2:	Druckverlauf an der PWC-Zuleitung TWE .....	27
Abbildung 10-3:	Druckverlauf WT-Einhebelmischer (Wohnung im 6.OG) und PWC-Zuleitung TWE (1. UG) .....	28

Abbildung 10-4: Druck-, Temperatur- und Volumenstrommessungen an einem WT-Einhebelmischer (Standarmatur).....	29
Abbildung 10-5: Druck- und Temperaturverlauf an einem WT-Einhebelmischer mit Original-DMB (5 l/min).....	30
Abbildung 10-6: Druck- und Temperaturverlauf an einem WT-Einhebelmischer mit Strahlregler Typ D .....	31
Abbildung 10-7: Temperaturverlauf Mischwasser für einen UP-Einhebelmischer und einer UP-Thermostataratur innerhalb einer Nasszelle .....	32