

## **Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung**

Autoren

Dr.-Ing. Karin Rühling

Dipl.-Inform. Regina Rothmann

Stand: 31.07.2012 mit redaktionellen Änderungen Februar 2013

Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages - FKZ 0327831B



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ZIELE UND METHODIK.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>AUSGEWÄHLTE EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE HYGIENE IM BEREICH DER TRINKWASSER- INSTALLATION - AUSGANGSSITUATION .....</b>	<b>4</b>
2.1	ALLGEMEINE EINFLUSSFAKTOREN.....	4
2.2	LEGIONELLA PNEUMOPHILA .....	6
2.3	ENERGIEEFFIZIENZ.....	10
<b>3</b>	<b>ANFORDERUNGEN, DATENQUELLEN UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN .....</b>	<b>12</b>
3.1	ANFORDERUNGEN AN DIE NEUE DATENBANK.....	12
3.2	DATENQUELLEN .....	14
3.2.1	<i>Statistik Datenlieferung .....</i>	<i>14</i>
3.2.2	<i>Vergleich der Probenahmevorschriften .....</i>	<i>16</i>
3.3	LEGIONELLEN-UNTERSUCHUNGSMETHODE .....	17
<b>4</b>	<b>STRUKTUR DER DATENBANK.....</b>	<b>19</b>
4.1	ALLGEMEINES .....	19
4.2	ERLÄUTERUNG DER SPALTEN UND INHALTE .....	19
4.2.1	<i>Gemeinsamer Identifikator (Spalten 1 bis 4).....</i>	<i>19</i>
4.2.2	<i>Charakterisierung des Objektes, der TWE und der TWI (Spalten 5 bis 18).....</i>	<i>21</i>
4.2.3	<i>Beschreibung der Probenahmestelle (Spalten 19 bis 22) .....</i>	<i>23</i>
4.2.4	<i>Analyseergebnisse und Temperaturen (Spalten 23 bis 34).....</i>	<i>24</i>
4.3	GEWÜNSCHTE DIFFERENZIERUNG UND REALE DATENLIEFERUNG.....	25
4.3.1	<i>Bedingt verwendbare und verwendbare Datensätze.....</i>	<i>25</i>
4.3.2	<i>Informationen zum Objekt, der TWE und der TWI.....</i>	<i>26</i>
4.3.3	<i>Datenlage Probenahmestelle, Analyseergebnisse und Temperaturen.....</i>	<i>32</i>
4.3.4	<i>Beeinflussung TW und TWW an der Entnahmestelle des Verbrauchers.....</i>	<i>34</i>
<b>5</b>	<b>AUSWERTUNG NACH DER PROBENAHMETEMPERATUR.....</b>	<b>35</b>
5.1	GRUNDLAGEN – METHODIK, DARSTELLUNGSWEISE, OBJEKTHISTORIE .....	35
5.2	UNTERSCHIEDUNG TRINKWASSER (KALT) TW UND TRINKWARMWASSER TWW.....	39
5.3	LEGIONELLENBEFUNDE NACH TEMPERATURBEREICHEN.....	41
5.3.1	<i>Auswertung in 5-Kelvin-Bereichen.....</i>	<i>41</i>
5.3.2	<i>Statistik der Legionellenbefunde nach Maßnahmentiefe gemäß DVGW W 551 .....</i>	<i>44</i>
5.3.3	<i>Potential für Absenkung des Temperaturniveaus.....</i>	<i>46</i>
<b>6</b>	<b>AUSWERTUNG NACH WEITEREN CHARAKTERISTIKA .....</b>	<b>51</b>
6.1	EINFLUSS DER OBJEKTCHARAKTERISTIK.....	51
6.1.1	<i>Allgemeine Statistik G, K2-99, K100 .....</i>	<i>51</i>
6.1.2	<i>Statistik der K100-Anteile in 5-Kelvin-Bereichen (Analysen) .....</i>	<i>53</i>
6.2	STATISTIK NACH DER ENTNAHMESTELLE DER PROBEN .....	60
6.2.1	<i>Allgemeine Statistik G, K2-99, K100, 5-Kelvin-Bereiche.....</i>	<i>60</i>
6.2.2	<i>Objektartspezifische Auswertung nach der Entnahmestellen (K100) .....</i>	<i>66</i>
6.2.3	<i>Statistik Armatur und Platz .....</i>	<i>74</i>
6.3	EINFLUSS AUSGEWÄHLTER PARAMETER AUF DIE STATISTIK .....	77
6.3.1	<i>Einfluss anlagentechnischer Parameter.....</i>	<i>77</i>
6.3.2	<i>Einfluss des Ablaufvolumens vor Probenentnahme.....</i>	<i>78</i>
6.3.3	<i>Einflüsse der teilzentralen Kontamination.....</i>	<i>79</i>
6.4	OBJEKTHISTORIE .....	80
6.4.1	<i>Allgemeines.....</i>	<i>80</i>
6.4.2	<i>Nutzung der Objektcharakteristik zur Systembeurteilung - ausgewählte Beispiele.....</i>	<i>81</i>

<b>7</b>	<b>UNTERSUCHUNG AN AUSGEWÄHLTEN ANLAGEN UND NEUE ERGEBNISSE EXPERIMENTELLER UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>90</b>
7.1	ALLGEMEINES .....	90
7.2	MIKROBIOLOGISCHE UND MOLEKULARBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN WASSERSYSTEMEN .....	90
7.2.1	<i>Methodik</i> .....	90
7.2.2	<i>Gebäude der Energietechnik</i> .....	91
7.2.3	<i>Wohngebäude AL</i> .....	92
7.2.4	<i>Gebäude MTZ</i> .....	93
7.3	IN-VITRO UNTERSUCHUNGEN ZUR EMPFINDLICHKEIT VON LEGIONELLEN GEGENÜBER VERSCHIEDENEN TEMPERATUREN. ....	94
<b>8</b>	<b>ERKENNTNISSE, EMPFEHLUNGEN, AUSBLICK.....</b>	<b>96</b>
<b>9</b>	<b>AUSGEWÄHLTE BEGRIFFSDEFINITIONEN .....</b>	<b>104</b>
<b>10</b>	<b>FORMELZEICHEN, INDIZES UND ABKÜRZUNGEN.....</b>	<b>105</b>
<b>11</b>	<b>SCHRIFTTUM.....</b>	<b>107</b>
11.1	VERORDNUNGEN, NORMEN, REGELWERKE .....	107
11.2	LITERATUR .....	107
<b>12</b>	<b>ANHANG - DATENBANK - ÜBERSICHT ZU SPALTENINHALTEN INKL. ERLÄUTERUNGEN ZU DEN VERWENDETEN KENNZAHLEN.....</b>	<b>109</b>

## DANKSAGUNG

Das Vorhaben „Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung“ ist ein Teilprojekt im Verbundvorhaben

*EnEffWärme: Erhaltung der Marktfähigkeit hocheffizienter KWK-Anlagen mittels Einbindung von Umweltenergie und Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums.*

Für die Bearbeitung des Teilprojekts stand ein Finanzumfang von 111 TEUR zur Verfügung. Von dieser Summe wurde ein signifikanter Anteil (47 %) für die Beschaffung der Daten bei externen Partnern benötigt. Die mit dem Schlussbericht vorliegenden neuen Erkenntnisse waren nur dank des Engagements und der direkten finanziellen Förderung von folgenden Ministerien und Verbänden möglich:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit BMWi (90 TEUR)
- DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (15 TEUR)
- BDH e. V. Köln (6 TEUR)

Das Projektbearbeitungsteam möchte sich auf diesem Wege bei den vorgenannten Förderern des Vorhabens nicht nur für die finanzielle Unterstützung sondern ebenso für die fachliche Begleitung des Vorhabens bedanken. Eine besondere Anerkennung gilt den Wissenschaftlern des Instituts für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn (Dr. Pleischl, Dr. Koch) sowie Prof. Mathys von der Universität Münster, die ohne monetäre Vergütung signifikant zur Erweiterung der statistischen Basis der Datenbank beigetragen haben. Hervorgehoben sei auch das Engagement von Herrn Wolfgang Hentschel, der den mit Abstand erheblichsten Beitrag zur statistischen Datenbasis auf exzellentem Niveau geliefert hat.

Wir möchten an dieser Stelle Herrn Werner Nissing und Herrn Herbert Bechem für ihr außerordentliches wissenschaftlich-fachliches Engagement sowie das vermittelnde Agieren im Projekt Dank sagen.

Dresden, Juli 2012

Karin Rühling und Regina Rothmann



# 1 Ziele und Methodik

Das Thema Klimawandel – Energieeinsparung und Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen – haben Heizung und Trinkwasser-Erwärmung in den Focus der Diskussionen gerückt. Durch die Problematik der Kontamination von Trinkwasser-Erwärmungssystemen mit Legionellen einerseits und der Forderung nach Energieeffizienz andererseits entsteht ein Konfliktpotential, bei dem die Anforderungen der Hygiene im Vordergrund stehen. Das Risiko einer Kontamination eines Trinkwarmwassersystems mit Legionellen in Abhängigkeit von der Wassertemperatur ist in Abbildung 1-1 dargestellt.

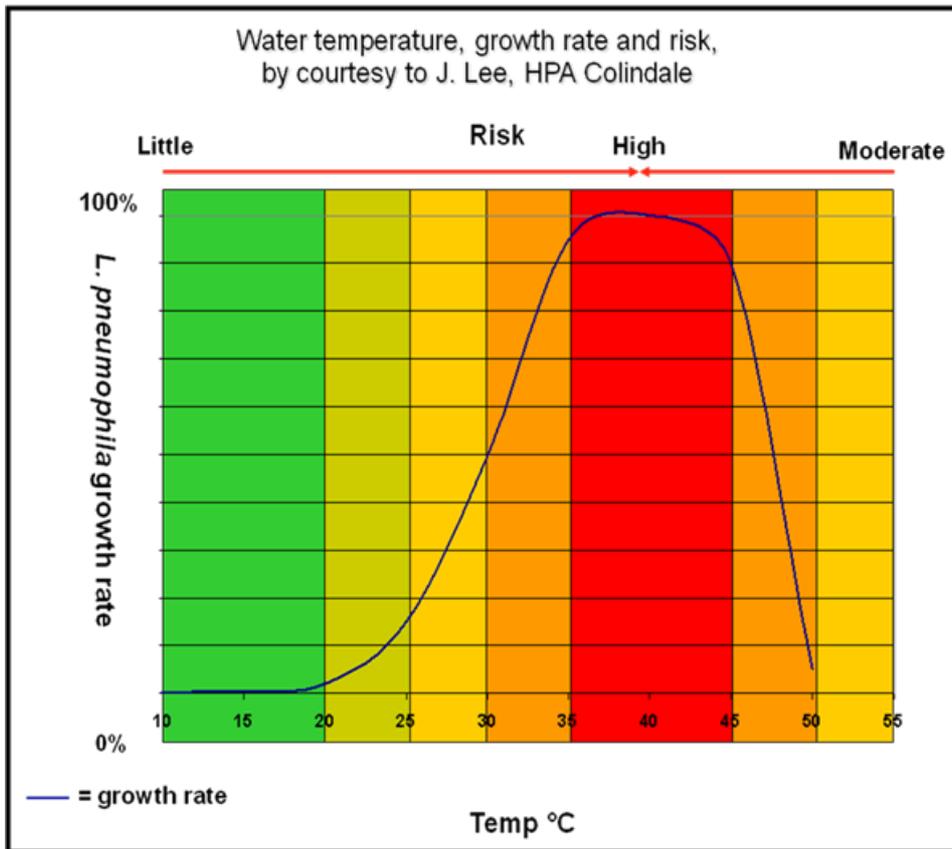


Abbildung 1-1 Risiko des Legionellenwachstums in Abhängigkeit von der Temperatur nach [Exner09]

Gesamtziel des Vorhabens ist die Erarbeitung von Beiträgen zu wissenschaftlich-technisch fundierten Grundlagen für die Festlegung des Temperaturniveaus zentraler Trinkwasser-Erwärmungssysteme zur Vermeidung einer Kontamination mit Legionellen für Neuanlagen und den Bestand im Rahmen der Überarbeitung des Arbeitsblattes DVGW W 551, das den Status einer allgemein anerkannten Regel der Technik hat. Ziel ist die Ableitung von Randbedingungen, unter denen allein die Absenkung des jetzt gültigen Temperaturniveaus der Trinkwasser-Erwärmung ( $\geq 60$  °C am Austritt des Trinkwasser-Erwärmers und  $\geq 55$  °C am Rücklauf der Zirkulation) um bspw. 5 K und ohne Einsatz von chemischen Desinfektionsmitteln - kein erhöhtes Risiko für die menschliche Gesundheit darstellt und mithin als zulässig gelten kann. Grundsätzlich widerspricht eine prophylakti-

sche chemische Desinfektion – insbesondere in Verbindung mit einer Senkung des Temperaturniveaus z.B. auf 45 °C – dem Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung [z.B. TrinkwV 2001, twin05].

Bestrebungen zur Primärenergieeinsparung und zur verstärkten Nutzung regenerativer Energiequellen werfen für Neubauten und umfassende Rekonstruktionen die Fragestellung auf, warum der Sicherheitsabstand zum Bereich des Legionellenwachstums (30 bis 45 °C) für zentrale Trinkwasser-Erwärmungssysteme 10 K beträgt während auf der Seite des kalten Trinkwassers 5 K als ausreichend betrachtet werden. Die Fragestellung wurde bereits ausführlich in verschiedenen Gremien und wasserfachlichen Veranstaltungen [Rueh09] diskutiert, wobei die Meinungen zur Problematik stark divergierten. Von der Seite der Hygieniker wurde auf die guten Erfahrungen mit den jetzigen Temperaturanforderungen verwiesen.

Ein Grund könnte daraus resultieren, dass bislang bei den Auswertungen der Ergebnisse der hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen hinsichtlich der möglichen Kontamination eines Systems mit Legionellen allein nach den Temperaturkriterien vorgegangen wurde ohne weitere wesentliche Kriterien zu berücksichtigen. Additive Kriterien mit einer beachtlichen Relevanz könnten zum Beispiel sein:

- Handelt es sich um eine Neuinstallation oder um eine Anlage im Bestand?
- War die Anlage durch mangelhafte Planung und/oder Inbetriebnahme bzw. fehlerhafte Betriebsweisen - z.B. durch Stagnation etc. - bereits einmal kontaminiert?
- Wurden beim Bau der Anlage geprüfte, zertifizierte Werkstoffe verwendet?
- Entsprechen Zustand und Betrieb des Systems den allgemein anerkannten Regeln der Technik?
- Wie stellen sich die Temperaturen bei der Probenahme im Vergleich zu denen nach Ablauf dar?
- Sind die Probenahmestellen für das System repräsentativ?
- Welche Hinweise ergeben sich aus der Wasserbeschaffenheit im Versorgungsgebiet?

Basis für eine wissenschaftlich fundierte Aussage zum thermisch-exergetischen Spielraum für Neuanlagen ist eine Zusammenfassung der von den externen Projektpartnern in den letzten Jahren gesammelten Ergebnisse hygienischer Untersuchungen von Anlagen des Bestandes in einer im Projekt zu erarbeitenden einheitlichen Datenbank. Über die erstellte Abfragestruktur kann eine statistische Auswertung unter neu zu formulierenden Kriterien erfolgen.

Überdies sollen zum Erkenntnisgewinn für ausgewählte praktische Anlagen, die eine so genannte *LowEx*-Fahrweise betreiben, anlagentechnische Daten analysiert und sowohl ein thermohydraulisches als auch ein hygienisches Monitoring durchgeführt werden.

Der Begriff *LowEx* steht dabei für wärmetechnische Versorgungsprozesse die auf einem niedrigen (Low) Exergieniveau (Ex) arbeiten. Der Begriff Exergie wurde von R. Plank geprägt und stellt „... denjenigen Teil einer Energie“ dar, „der sich unbeschränkt in andere Energieformen umwandeln lässt. Der nicht als Exergie darstellbare Anteil wird Anergie genannt.“ [Elsner80] Somit ist eine qualitative Bewertung möglich. Eine ausführliche, thermodynamisch korrekte Erläuterung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Ob-

wohl keine klare Grenze angegeben werden kann, handelt es sich bei LowEx- Fahrweisen um solche, bei denen die Vorlauftemperatur überwiegend  $\leq 60$  °C ist.

Mit dem vergleichsweise kurzfristig angelegten Forschungsprojekt könnten auf Basis der Betrachtung einer Vielzahl von Einflussgrößen Antworten auf die Fragestellung gegeben werden, welche Sicherheitsspanne die in der DVGW W 551 festgelegten Mindestwerte für die Temperatur am Austritt des Warmwassererzeugers beinhalten. Das heißt: Wie verändert sich das Risiko einer Legionellen-Kontamination bei Verminderung der Mindestwerte der Austrittstemperatur um z.B. 5 K?

Das methodische Vorgehen der Bearbeitung der Aufgabenstellung gliedert sich dementsprechend in folgende Schwerpunkte:

1. Konzeption und Aufbau einer Datenbank,
2. Statistische Auswertung der Daten zur Verifizierung des Sicherheitsabstandes zum Legionellenwachstum,
3. Untersuchungen an ausgewählten Anlagen,
4. Vergleich der Erkenntnisse mit den Anforderungen derzeit gültiger Regelwerke sowie technischer und gesetzlicher Regelungen

## 2 Ausgewählte Einflussfaktoren auf die Hygiene im Bereich der Trinkwasser-Installation - Ausgangssituation

### 2.1 Allgemeine Einflussfaktoren

Wasser ist nicht nur Lebensmittel Nummer eins sondern auch das umweltverträglichste, wirtschaftlichste und am meisten verbreitete Wärmeträgermedium. Im Rahmen der Untersuchungen wird jedoch ausschließlich auf die Versorgung mit Trinkwasser und dem entsprechend auf die im Sinne der gültigen Trinkwasserverordnung zulässige Trinkwasserqualität Bezug genommen. Für die Zwecke der Nutzung des gezielt erwärmten Trinkwassers (Trinkwarmwasser - TWW) sind 45 bis 50 °C völlig ausreichend.

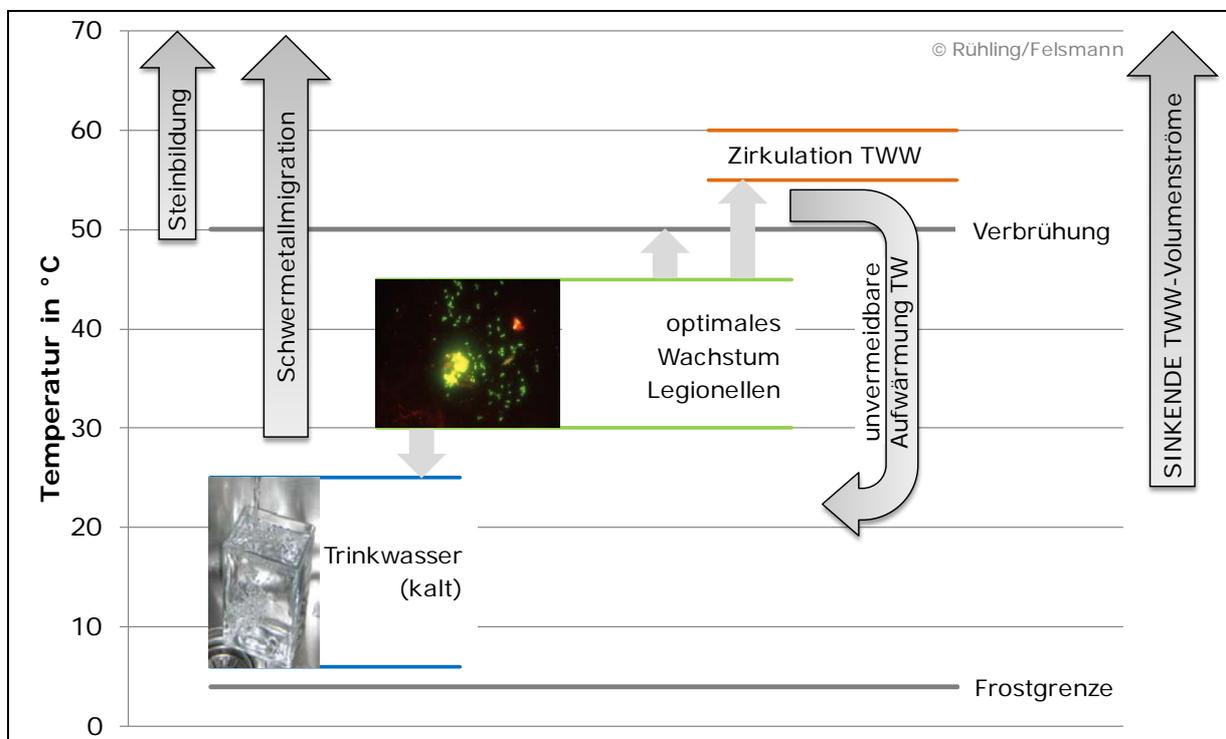


Abbildung 2-1 Relevante Aspekte für die Definition zulässiger Trinkwasser (kalt)- bzw. Trinkwarmwasser-Temperaturen

Anhand der Abbildung 2-1 soll die Komplexität bei der Wahl des Temperatur- und damit Exergieniveaus der Trinkwasser-Erwärmung gezeigt werden:

- Als physikalisch begründete untere Grenze für die Trinkwasserversorgung sind 4 bis 5 °C zur Gewährleistung eines genügenden Abstandes zur Frostgrenze bekannt.

- Abstand zur Zone des optimalen Legionellenwachstums: Zu konstatieren ist, dass entsprechend der gültigen Verordnungen und den korrespondierenden a.a.R.d.T. auf der Seite des Trinkwassers (kalt) ein Abstand von 5 K, jedoch für erwärmtes Trinkwasser ein Abstand von 10 K zur Zone des Legionellenwachstums einzuhalten ist.
- Es muss bei der Beurteilung der hygienischen Beeinflussung des Trinkwarmwassers mehr als bisher der Einfluss der mit steigender Temperatur zunehmenden Schwermetallabgabe an das Trinkwarmwasser Beachtung finden.
- Gleiches gilt für die Neigung zur Bildung festhaftender, die Wärmeübertragung limitierende Calciumcarbonat-Schichten (Steinbildung).
- Die Bildung und das Wachstum von Biofilmen sowie die Einnistung pathogener Mikroorganismen können ebenfalls beeinflusst werden.
- Die früher bei 50 °C gesetzte Grenze für die Verbrühung wird zwar heute teilweise bei höheren Temperaturen gezogen, sollte jedoch ebenfalls Beachtung finden.
- Im Bereich der Entnahmestelle erfolgt für den überwiegenden Teil der Nutzungen eine Beimischung von kaltem Trinkwasser. Insofern nimmt der Massestrom  $\dot{m}_{TWW}$  mit steigender Temperatur  $t_{TWW}$  ab (s. a. Abbildung 2-2). Dies führt zu längeren Verweilzeiten und geringeren Strömungsgeschwindigkeiten. Überdimensionierte Leitungsnetze wirken gleichartig und verstärken die das Legionellenwachstum begünstigenden Effekte.
- Mit steigendem Temperaturniveau des Trinkwarmwassers (TWW) steigt aufgrund der installationstechnischen Gegebenheiten die Gefahr des thermodynamisch unvermeidbaren Aufwärmens des Trinkwassers (kalt) TW im Bereich der Trinkwasser-Installation. Damit besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von TW-Temperaturen, die sich nahe oder bereits im optimalen Temperaturbereich für Legionellenwachstum befinden.

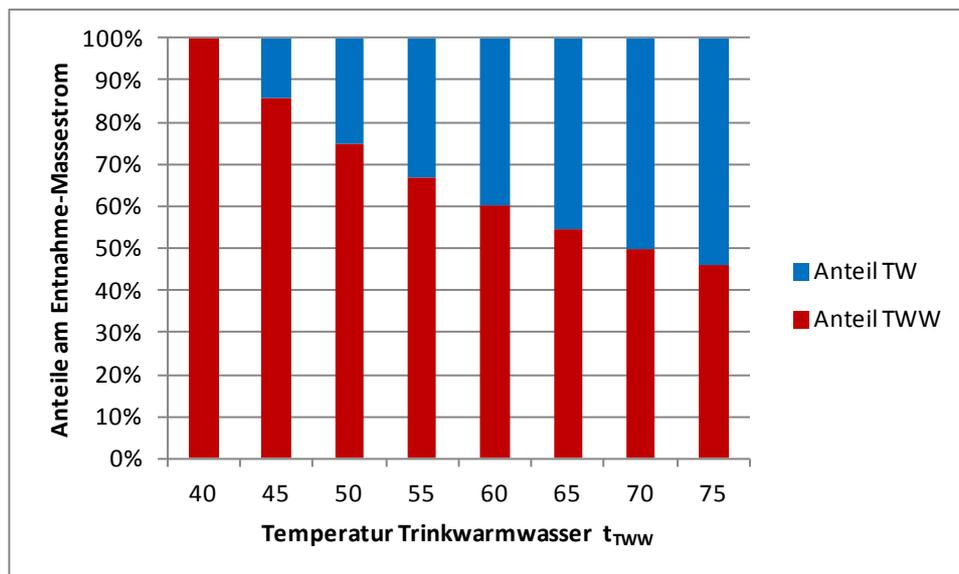


Abbildung 2-2 Anteile Massestrom TW und TWW am Entnahme-Massestrom in Abhängigkeit von  $t_{TWW}$  ( $t_{TW} = 10$  °C;  $t_{Entnahme} = 40$  °C)

## 2.2 Legionella pneumophila

Trinkwasser ist nicht steril. Es enthält eine Vielzahl von Mikroorganismen unterschiedlicher Art, wobei die in der Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001 festgelegten Grenzwerte der Konzentration für typische Mikroorganismen sicherstellen, dass keine gesundheitlichen Schäden zu erwarten sind (Indikatorprinzip). Diese Mikroorganismen bilden auf den wasserberührten Oberflächen Beläge aus lebenden und abgestorbenen Spezies sowie deren Ausscheidungs- und Abbauprodukten, die „Biofilme“. Der größte Teil der Mikroorganismen in wasserführenden Systemen lebt im Biofilm (ca. 95 %). In strömendem Wasser, das im Wesentlichen die Nährstoffquelle für die Mikroorganismen ist, bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Entstehen und Absterben von Organismen einerseits und Leben von Mikroorganismen im Biofilm und Übergang in das Trinkwasser andererseits.

Die Anzahl der ins Trinkwasser abgegebenen Mikroorganismen ist sehr niedrig, so dass ihre Konzentration dort meist unter der analytischen Nachweisgrenze liegt. In stagnierendem Wasser ist die Nährstoffzufuhr begrenzt und gering. Daher verwerten die Mikroorganismen einen Teil des Biofilms und es kann zu einer Verschiebung des Artenspektrums und zu einer Massenentwicklung einzelner Spezies im Biofilm kommen. Begünstigt werden diese Vorgänge durch die zwangsläufig bei der Stagnation auftretenden Temperaturveränderungen im Bereich der Trinkwasser-Installation (Erhöhung der Temperatur für Trinkwasser (kalt) bzw. Absenkung der Temperatur für Trinkwarmwasser). Dabei können Temperaturbereiche erreicht werden, in denen für einzelne Arten von Mikroorganismen optimale Lebensbedingungen – Vermehrungsbedingungen – vorliegen. Als Folge der Wechselwirkung Biofilm/Wasser gelangen Anteile dieser Mikroorganismen in das Trinkwasser und können dort zu einem beträchtlichen Anstieg der Konzentration (mikrobielle Kontamination) führen. Biofilme können sich dann besonders gut entwickeln, wenn die Nährstoffe nicht aus dem relativ nährstoffarmen Trinkwasser, sondern aus den organischen Werkstoffen geliefert werden, auf denen sie anhaften. Daher sollten für Bauteile, die mit Trinkwasser in Berührung kommen, nur solche Werkstoffe verwendet werden, die möglichst wenige Nährstoffe freisetzen (z.B. [UBA2010], DVGW W 270).

Eine Erhöhung der Temperatur des Trinkwassers in einer Trinkwasser-Installation kann bestimmungsgemäß (z. B. durch Trinkwasser-Erwärmer) oder unerwünscht durch Stagnation des kalten Trinkwassers in der Verteilung erfolgen. Erreichen die Temperaturen den für das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen optimalen Bereich, so kann es zu Massenentwicklungen im Biofilm und damit zu der beschriebenen Kontamination des Trinkwassers kommen. Daher sollte die Trinkwassertemperatur (kalt) 25 °C nicht übersteigen. Trinkwasserleitungen müssen so verlegt und wärmegeklämt werden, dass ein Überschreiten dieser oberen Temperatur sicher vermieden wird.

Ein besonderes hygienisches Problem ist die Vermehrung von Legionellen (*Legionella pneumophila*) im erwärmten Trinkwasser. Legionellen sind ubiquitär, d.h., sie kommen im Biofilm und damit auch im kalten Trinkwasser – allerdings in sehr geringen, hygienisch unbedenklichen Konzentrationen – vor. Legionellen vermehren sich in erwärmtem Wasser, wobei Temperaturen von 35 bis 45 °C besonders günstig sind. Bei höheren Temperaturen sind sie nicht mehr lebensfähig und werden bei Temperaturen oberhalb von 55 °C nahezu vollständig abgetötet. Der Infektionsweg verläuft fast ausschließlich über Aerosole, die beispielsweise beim Duschen entstehen.

Wachstums- und Absterbekurven für Legionellen im Wasser abhängig von der Temperatur sind in Abbildung 2-3 dargestellt. Bei Temperaturen von 30 bis 40 °C vermehren sich

die Legionellen in 8 Stunden etwa um den Faktor 2; bei 45 °C tritt praktisch keine Vermehrung auf. Temperaturen von 58 °C führen innerhalb von 10 bis 20 Minuten zum Absterben der Legionellen. Das Legionellenwachstum wird im Biofilm u.a. durch die Temperatur und die Konzentration an Nährstoffen begünstigt. Hohe Legionellenkonzentrationen können auch durch Ansiedlung von Wirtsorganismen für Legionellen (z.B. Amöben) entstehen. Eine Zerstörung von Biofilmen, beispielsweise durch Oxidation mit Desinfektionsmitteln, führt in den meisten Fällen zu einer Freisetzung von Nährstoffen und damit zu einer Legionellen-Kontamination des Trinkwassers.

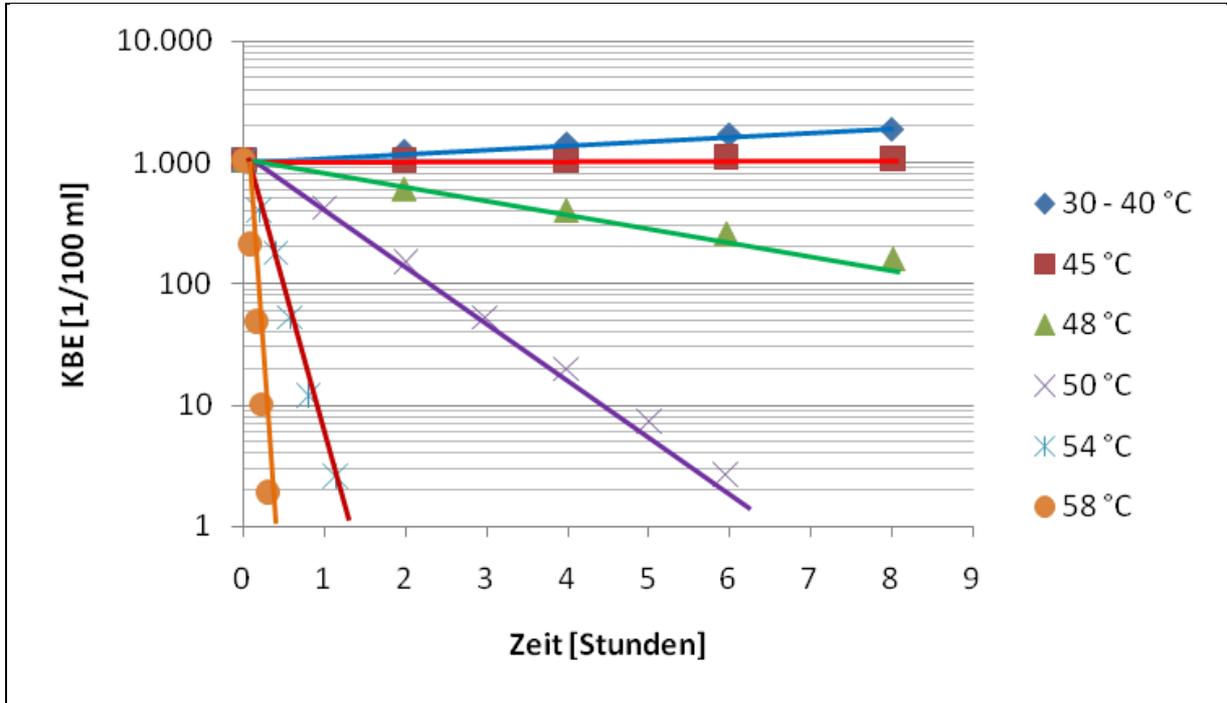


Abbildung 2-3 Wachstums- und Absterbekurve für Legionellen im Wasser (Daten nach WHO-Report Entwurf 2008)

Abbildung 2-3 gilt für extrazellulär vorliegende Legionellen. Es ist bekannt, dass für die Beurteilung der Trinkwasserhygiene auch intrazellulär gewachsene Legionellen (z. B. in Amöben) zu berücksichtigen sind. Eine vergleichende Wachstums- und Absterbekinetik von extrazellulären und intrazellulär eingebetteten Legionellen ist bislang nicht veröffentlicht worden. Im Rahmen des Forschungsprojektes [TUD06] wurden erste Untersuchungen zu einer Absterbekinetik bei Temperaturen  $\geq 65$  °C erarbeitet.

Laut Trinkwasserverordnung TrinkwV 2011, in der nach § 4 Trinkwasser so beschaffen sein muss „ ..., dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist“, wird nach § 7 für die Legionellenkonzentrationen das Erreichen bzw. Überschreiten des technischen Maßnahmewertes von 100 KBE/100 ml zur Beurteilung gewählt. Das DVGW-Arbeitsblatt W 551 als allgemein anerkannte Regel der Technik, enthält diesen technischen Maßnahmewert, ab dem Handlungsbedarf besteht bzw. bei signifikantem Überschreiten die Wahrscheinlichkeit für eine Legionellen-Erkrankung erhöht ist. Ebenda werden die Bedingungen des Betriebs von warmwasserführenden Trinkwasser-Installationen im Hinblick auf die Vermeidung einer gesundheitsgefährdenden Vermehrung der Legionellen beschrieben. Neben einer Bewertung von Legionellen-Befunden enthält das Arbeitsblatt Hinweise auf technische Maßnahmen zur Verminderung bzw. Verhinderung des Legionel-

len-Wachstums in Neuinstallationen sowie Sanierungsmaßnahmen bereits kontaminierter Anlagen. Die Auslegung von Trinkwarmwasser-Zirkulationssystemen, besonders im Hinblick auf die Vermehrung von Legionellen, wird im DVGW-Arbeitsblatt W 553 beschrieben.

Bei einer Bestandsaufnahme von PLEISCHL in 289 Trinkwasser-Installationen (ca. 3.000 Datensätze mit Analyseergebnissen) konnten bei ca. 52 % der Analysen Legionellen nachgewiesen werden (positiver Befund) [Pleischl04]. Legt man den „Maßnahmewert“ des DVGW W 551 von  $\geq 100$  KBE/100 ml zugrunde, so waren etwa 29 % der Trinkwasser-Analysen mit Legionellen kontaminiert. Tendenziell gleiche Ergebnisse wurden von HARMUTH in [Harmuth06] mitgeteilt.

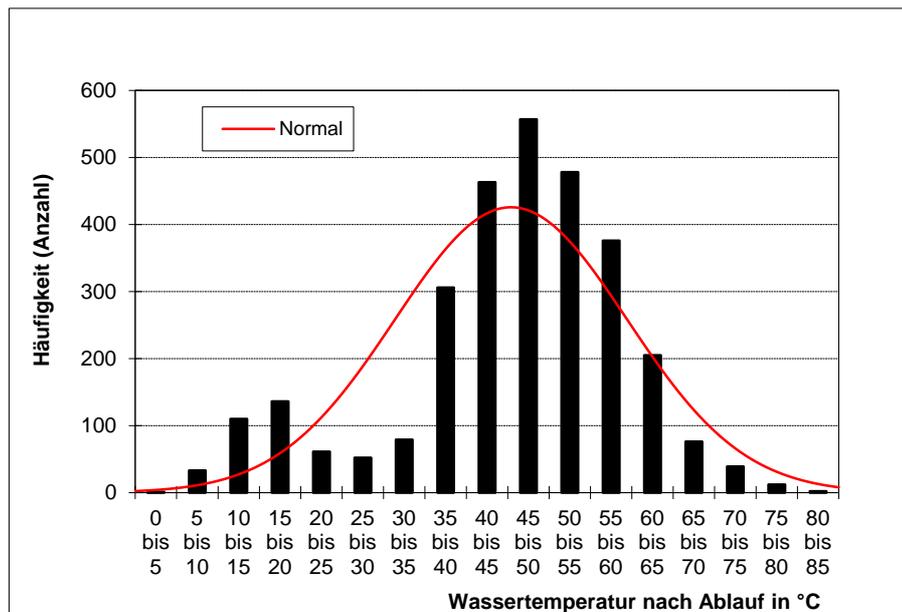


Abbildung 2-4 Wassertemperatur von Trinkwasser-Analysen mit Nachweis von Legionellen (positive Befunde) nach [Pleischl04]; Probenahme bei Erreichen der Temperaturkonstanz

Interessant ist die Temperaturverteilung des Trinkwassers bei Probenahme, für die Legionellen nachgewiesen wurden (Abbildung 2-4). Die Häufigkeit der Wassertemperaturen folgt mit guter Näherung einer Normalverteilung. Der Medianwert liegt bei 45,2 °C, das Maximum bei 77 °C.

Anders ist dagegen die Temperaturverteilung der Untersuchungen, bei denen keine Legionellen nachgewiesen werden konnten (negative Befunde; Abbildung 2-5). Die Verteilung hat zwei Gipfel, wobei ein Gipfel dem Temperaturbereich von kaltem Trinkwasser entspricht; der zweite Gipfel ist dem erwärmten Trinkwasser zuzuordnen. Dementsprechend sind die Daten nicht normalverteilt. Der Medianwert liegt etwas höher bei 51 °C, das Maximum bei 83 °C.

Aus der statistischen Auswertung der Daten ergeben sich folgende Schlüsse. Bei 95 % der Analysen mit positivem Legionellenbefund liegt die Temperatur unterhalb von 57 °C. Aus den Untersuchungen geht nicht hervor, ob die zugehörigen Trinkwasser-Installationen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gebaut und betrieben wurden.

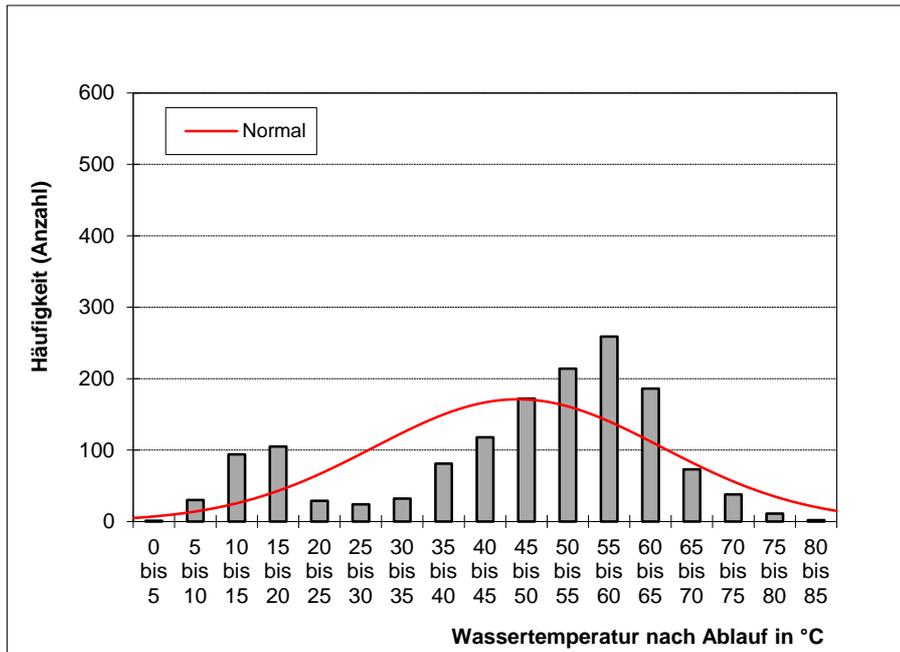


Abbildung 2-5 Wassertemperatur von Trinkwasser-Analysen mit Befunden von Legionellen unterhalb der Nachweisgrenze (negativer Befund) nach [Pleischl04]; Probenahme bei Erreichen der Temperaturkonstanz

Demnach sind die aus Gründen der Legionellen-Prophylaxe im DVGW W 551 angegebenen Temperaturen für Großanlagen  $\geq 60\text{ °C}$  und für Kleinanlagen  $\geq 55\text{ °C}$  durchaus sinnvoll. Berücksichtigt werden muss allerdings auch, dass bei 5 % der Analysen mit Probenahmetemperaturen  $\geq 57\text{ °C}$  bis maximal  $77\text{ °C}$ , Legionellen nachzuweisen waren. Es ist daher anzunehmen, dass diese Anlagen in einem mangelhaften Betriebszustand waren. Schwieriger ist eine Interpretation der Daten der Trinkwasser-Installationen mit negativem Legionellen-Befund. Obwohl 75 % der Analysen bei Temperaturen unter  $59\text{ °C}$  entnommen wurden, konnte keine *Legionella* sp. nachgewiesen werden. Gründe hierfür können sein:

- nährstoffarmes Trinkwasser mit geringem Biofilmbildungspotential,
- geringe Legionellenkonzentration des Trinkwassers,
- Verwendung von Werkstoffen, die keine Nährstoffe abgeben,
- keine oder nur geringe Stagnation des Wassers,
- hydraulischer Abgleich des Systems.

Diese Anlagen dürften den in den DVGW W 551 und DVGW W 553 beschriebenen allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Hieraus zu folgern, dass in Trinkwasser-Installationen, die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) geplant, gebaut, in-Betrieb-genommen, betrieben und gewartet werden, die in DVGW W 551 genannten Temperaturen ohne Relevanz sind, ist nicht statthaft. Aus Gründen des Gesundheitsschutzes sollte der Einfluss der Temperatur auf Legionellenwachstum immer beachtet werden, da „technisch einwandfreie Anlagen“ in der Praxis kaum zu realisieren sind.

## 2.3 Energieeffizienz

Die Empfehlungen zum Temperaturniveau von zentralen Trinkwasser-Erwärmungssystemen orientieren sich hinsichtlich der Temperaturen am Austritt des Trinkwasser-Erwärmers  $t_{\text{aus,TWE}}$ , der minimal zulässigen Temperatur in der Zirkulation  $t_{\text{ein,Zirk,TWE}}$  und der Vorschriften zu den Zyklen der Speicherdesinfektion vornehmlich an der Absterbekinetik von *Legionella pneumophila*. Installationsfehler sowie Mängel in der Betriebsführung haben dazu geführt, dass mit der Überarbeitung der DVGW W 551 im April 2004 Anlagen zur zentralen Trinkwasser-Erwärmung nicht mehr mit  $t_{\text{aus,TWE}} = 55 \text{ °C}$  und  $t_{\text{ein,Zirk,TWE}} = 50 \text{ °C}$  betrieben werden sollten, sondern  $t_{\text{aus,TWE}} \geq 60 \text{ °C}$  und  $t_{\text{ein,Zirk,TWE}} \geq 55 \text{ °C}$  einzuhalten sind.

Zu bemängeln ist, dass für den Betrieb von Altanlagen die gleichen Anforderungen gelten wie für Neuanlagen, die nach den allgemein anerkannten Regeln geplant, gebaut, in-Betrieb-genommen und betrieben werden. Im gleichen Zeitraum hat durch Senkung des Energieanteils zur reinen Gebäudeheizung und der Übergang zu LowEx-Heizsystemen ein Wandel stattgefunden. Dies bedeutet:

- Der Anteil des Energieaufwandes zur Trinkwasser-Erwärmung am Gesamtwärmebedarf ist von ehemals ca. 10 %
- auf heute 19 – 22 % als Durchschnittswert für alle Gebäude sowie auf mehr als 40 % für moderne Gebäude angestiegen [techem2011].

Der Energiebedarf für die Trinkwasser-Erwärmung und Zirkulation konnte und kann durch Maßnahmen wie hydraulischer Abgleich, Wärmedämmung etc. gesenkt werden. Für die Primärenergieeffizienz ist jedoch überdies das Temperatur- und damit Exergieniveau der Trinkwasser-Erwärmung entscheidend (Abbildung 2-6).

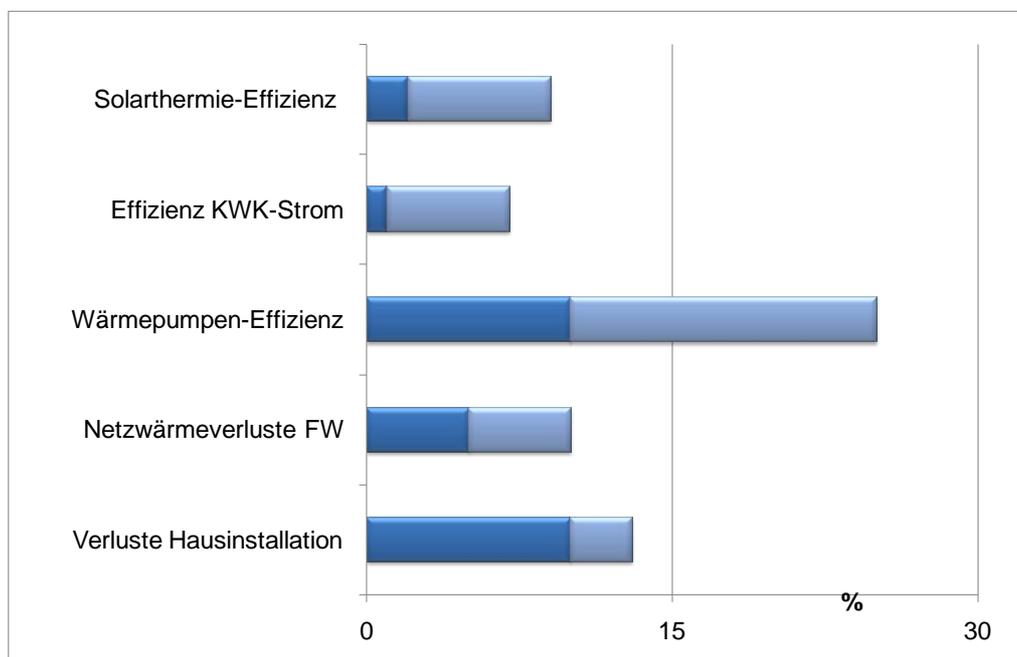


Abbildung 2-6 Potential für Steigerung der Effizienz bzw. Senkung der Verluste bei Absenkung des Temperaturniveaus der TWE um 5 K [Rueh09], Dunkelblaue Balken: minimaler Erwartungsbereich; Hellblaue Balken: maximaler Erwartungsbereich

Allein durch Senkung des Temperaturniveaus um 5 K verringern sich die Wärmeverluste im Bereich der Hausinstallation um 10 bis 13 %. In der Fern- und Nahwärmeversorgung (FW) vermindern sich die anteiligen Netzverluste des Wärmetransportes etwa in der gleichen Größenordnung. Hinzu kommen z. B. bei Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit Dampfturbinen Effekte der Erhöhung der Stromerzeugung um bis zu 6 %. Die Leistungszahl von Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung kann um 20 % und die Effizienz der Solarthermie im Mittel um 0,5 bis 2 % je K Absenkung des Mitteltemperaturniveaus der Wärmebereitstellung gesteigert werden.

### 3 Anforderungen, Datenquellen und Untersuchungsmethoden

#### 3.1 Anforderungen an die neue Datenbank

Seit dem ersten Auftreten der Legionärskrankheit im Jahre 1976 sind weltweit Maßnahmen zur Minimierung des Risikos der Legionellen-bedingten Erkrankungen etabliert worden. Ein nicht genau zu definierender Anteil der in Deutschland jährlich auftretenden Legionellosen (nach [Exner 11] ca. 15.000 bis 30.000 Legionellosen) ist dabei Aerosolen aus der Trinkwasser-Installation zuzuschreiben, die mit *Legionella pneumophila* kontaminiert waren.

Um die Anzahl der Krankheitsfälle perspektivisch weiter zu senken, ist ein vertieftes Verständnis der wirkenden Mechanismen innerhalb der Trinkwasser-Installation unerlässlich. Als wesentliche Ursachen für einen positiven Legionellenbefund im Bereich der Trinkwasser-Installation kommen in Betracht:

- Legionellen aus dem vorgelagerten Wasserversorgungsbereich
- Kontamination der Installation bei Errichtung bzw. teilweiser Sanierung und Betrieb durch mit Legionellen belastete Aerosole sowie deren Einlagerung in Beläge und Biofilme etc.

EXNER unterteilt allgemein in folgende Arten der Kontamination [Exner 11]:

1. Kontamination aus zentraler Wasserversorgung
2. Zentrale systemische Kontamination der Trinkwasser-Installation
3. Teilzentrale Kontamination
4. Dezentrale Kontamination

Um eine Zuordnung zu den Kategorien vornehmen zu können, wären Probenahmen nach jeweils geeigneten Verfahren mindestens an den in Tabelle 3-1 genannten Stellen erforderlich.

Tabelle 3-1 Mindestumfang einer Probenserie zur Kategorisierung der Kontamination

Kategorie	Probenahmestelle
1	TW am Hauseintritt
2	TW am Eintritt in den TWE; <u>TWW am Austritt TWE</u>
3	Kategorie 2 und repräsentative Anzahl von <u>TWW-Steigsträngen</u> bzw. horizontalen Verteilleitungen sowie zugehörigen Abschnitte der Zirkulationsleitungen; <u>Eintritt der Zirkulation in den TWE</u>
4	Kategorien 2 und 3 sowie repräsentative Anzahl von <u>Entnahmestellen TWW</u> und TW

Eine Untersuchungspflicht auf Legionellen besteht im Bereich der Wasserversorger bis heute nicht. Dem entsprechend liegen bis heute keine statistisch belastbaren Aussagen zum Legionellenbefall des Trinkwassers an der Verantwortungsgrenze zwischen Wasserversorger und Betreiber der Trinkwasser-Installation vor.

Orientierende Untersuchungen nach DVGW W 551 erfassen nur die in Tabelle 3-1 unterstrichenen Probenahmestellen. Bei Vorliegen einer Kontamination entscheidet die zuständige Behörde (Gesundheitsamt) in Abstimmung mit dem Betreiber und dem zuständigen akkreditierten Labor über den Umfang der weitergehenden Untersuchung.

Wie bereits ausgeführt, nehmen bisherige allgemeinstatistische Auswertungen von Ergebnissen der mikrobiologischen Untersuchungen auf Legionellen eine Zuordnung zu den vorgenannten Kategorien nicht vor, sondern setzen die Legionellenbefunde vorwiegend in Bezug zu

- der Temperatur der Probenahme bzw. des Systems oder/und
- dem Objekttyp (z. B. Krankenhaus, Pflegeheim, Mehrfamilienhaus etc.) oder/und
- der Art der Trinkwasser-Erwärmung.

Ergebnisse von Probenserien, können dann einer der Kategorien 2 bis 4 zugeordnet werden, wenn mindestens alle nach den einschlägigen normativen Vorgaben im Zusammenhang mit einer Probenahme und Untersuchung auf Legionellen der Trinkwasser-Installation eines Objektes zu erfassenden Größen für die Bewertung zur Verfügung stehen. Die Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen bzw. eine gezielte Ursachensuche erfordert überdies die vergleichende Auswertung mehrerer Probenserien zu aufeinander folgenden Zeitpunkten (Objekthistorie). Dies erfolgt bislang fast ausschließlich objekt-konkret und meist auch nur in den Fällen, in denen der Wert 100 KBE/100 ml nach DVGW W 551 (technischer Maßnahmewert TrinkwV 2011) erreicht oder überschritten wird.

Eine solche Objekthistorie ist auch dann von Interesse, wenn zunächst alle Legionellenbefunde negativ ausfallen. Da heutige Standardmethoden immer probevolumenbezogen sind und daher keinen echten Nullwert besitzen, kann aus einem negativen Befund nicht sicher geschlossen werden, dass keine Legionellen vorhanden sind. Faktisch gilt nur: Im untersuchten Teil einer Probe wurde die Nachweisgrenze nicht überschritten. Ungünstige Bedingungen, wie lange Verweilzeiten und Stagnation im Temperaturbereich des Legionellenwachstums, können nach einer gewissen Zeit dazu führen, dass zunächst minimale, unter der Nachweisgrenze liegende bzw. durch die Probenahme nicht erfasste Legionellenzahlen ausreichen, das System langfristig zu kontaminieren.

Aus den vorgenannten Zusammenhängen können grundlegende Anforderungen an die im Rahmen des Projektes zu erstellende Datenbankstruktur abgeleitet werden. Sie muss es ermöglichen, Untersuchungsergebnisse eindeutig einer Trinkwasser-Installation, einer Probenahmestelle und einem Datum zuzuordnen, sodass für jede Trinkwasser-Installation eine Historie angelegt werden kann. Dabei sind neben dem Ort der Probenahme, den Ergebnissen der Legionellenbeprobung und der Temperatur der Probenahme solche Angaben zu erfassen, die eine Beurteilung der systemischen Zusammenhänge bei einer Legionellen-Kontamination erlauben. Dazu gehört insbesondere die klare Differenzierung in Trinkwasser (kalt) TW, Trinkwarmwasser TWW und Mischwasser MW. Da bisher kein einheitliches Vorgehen bei den Probenahmen erfolgt, ist die gewählte Probenahmevervorschrift geeignet zu erfassen.

## 3.2 Datenquellen

### 3.2.1 Statistik Datenlieferung

Die Ableitung von Erkenntnissen aus der neu zu erstellenden Datenbank kann nur dann als statistisch abgesichert gelten, wenn:

1. eine ausreichende Anzahl von Analyse-Datensätzen vorliegt,
2. diese verschiedenen Wasserversorgungsgebieten sowie dort differenzierten Objektarten (Krankenhaus, Hotel, Mehrfamilienhaus etc.) entstammen,
3. die Analyse-Datensätze neben dem Ergebnis der Legionellenuntersuchung im Labor mindestens die Temperatur der Probenahme enthalten.

Für die Ableitung von allgemeinen bzw. objektkonkreten Aussagen zur Systemseite sind des Weiteren erforderlich:

4. die Dokumentation weiterer Informationen je Analyse-Datensatz (mindestens die eindeutige Beschreibung der Lage der Probenahmestelle im System) und
5. je Probenserie in einer Trinkwasser-Installation an einem Tag das Vorliegen einer Mindestzahl an Analyse-Datensätzen, die für eine Zuordnung zu den Kategorien der Kontamination nach Abschn. 3.1 erforderlich sind und jeweils den vorstehend in 3. und 4. definierten Kriterien genügen.

Folgende externe Partner bzw. Institutionen (in alphabetischer Reihenfolge) haben Datensätze aus jeweils spezifischen Zeiträumen und Einzugsgebieten zur Verfügung gestellt:

- Hygieneinstitut des Ruhrgebietes Gelsenkirchen  
*HYG* - Daten aus dem Verantwortungsbereich Fr. Langer aus den Jahren 2006 (2 DS) und 2009 bis 2011; Einzugsgebiet Nordrhein-Westfalen.
- Ing.-Büro für Trinkwasserhygiene Waldmann, Rödermark  
*IBW-H* – Bearbeiter Herr Hentschel; Daten aus dem Gesundheitsamt Frankfurt (1988, 89 – 11 DS; 1990 – 20 DS; 1991 bis 2011) sowie Daten eines bundesweit agierenden Krankenhausbetreibers der Jahre 2003 (2 DS) und 2005 bis 2009.
- Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn  
*IHPH Bonn I*  
Daten der Dissertation [Pleischl04] aus den Jahren 1991 bis 1999; Einzugsgebiet Nordrhein-Westfalen.  
*IHPH Bonn II*  
Daten aus dem Verantwortungsbereich Dr. Pleischl/Dr. Koch aus den Jahren 1997 (3 DS). 2002 (11 DS); 2003 (24 DS); 2004 (76 DS); 2005 bis 2011; Einzugsgebiet Nordrhein-Westfalen
- Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene Dresden  
*MTZ* - Daten aus dem Verantwortungsbereich Dr. Lück aus den Jahren 1996 bis 1998 sowie 2000 bis 2011; Einzugsgebiet Sachsen.
- Niedersächsisches Landesgesundheitsamt; Abt. Umweltmedizin, -hygiene und -epidemiologie (NLGA), Hannover  
Daten aus dem Verantwortungsbereich Dr. Suchenwirth aus den Jahren 2007 bis 2009; Einzugsgebiet Niedersachsen.
- Universität Münster, Prof Mathys  
Daten aus Untersuchungen in Einfamilienhäusern aus dem Jahr 2001, Einzugsgebiet Nordrhein-Westfalen.

Ohne den nachfolgenden Detailauswertungen vorgreifen zu wollen, soll eine erste Einschätzung hinsichtlich der Erfüllung der eingangs des Abschnitts formulierten fünf Kriterien vorgenommen werden.

Das zur Verfügung stehende Datenmaterial entstammt mehreren Versorgungsgebieten in Deutschland. Zieht man außerdem in Betracht, dass mit den durch Herrn Hentschel aufbereiteten *IBW-H*-Daten auch bundesweite Daten zur Verfügung stehen, so kann Kriterium 2 als erfüllt gelten.

Die gelieferte Gesamtzahl der Daten ist Tabelle 3-2 zu entnehmen. Alle Datensätze wurden hinsichtlich des Kriteriums 3 geprüft, wonach *verwendbare Datensätze* diejenigen sind, die mindestens ein Analyseergebnis der Legionellenbeprobung und die zugehörige Temperatur der Probenahme enthalten.

9,4 % der Analysedatensätze enthalten nur eine Temperatur nach Ablauf bis zur Temperaturkonstanz und keine Probenahmetemperatur. Sie sind mithin nur *bedingt verwendbar*. Auffällig ist dabei der Extremfall Nr. 7 bei dem nur 0,5 % der gelieferten Datensätze der Kategorie „verwendbar“ zugeordnet werden können. Dies liegt in der zugeordneten Probenahmenvorschrift begründet, die lediglich das Messen und Erfassen der sogenannten *Konstanttemperatur* vorsieht (Ermittelt durch Ablaufenlassen des Wassers nach der eigentlichen Probenahme bis eine stabile, konstante Temperatur erreicht wird und Protokollieren derselben). Eine Beurteilung von möglichen Stagnationen, wie es mit Hilfe des Vergleichs von der Temperatur am Austritt des TWE mit der Temperatur bei Probenahme möglich ist, kann mithin nicht vorgenommen werden. Überdies würden die so gewonnenen Legionellenbefunde durch falsche Zuordnung die temperaturabhängige Statistik unzulässig verfälschen. Deshalb werden diese Datensätze nur in der Kategorie „*bedingt verwendbar*“ erfasst.

*Nicht verwendbar* sind 6.855 Datensätze, die keinerlei Temperaturangabe enthielten.

Insofern ergibt sich, dass nur 83 % aller gelieferten Daten *verwendbare Datensätze* sind.

Tabelle 3-2 Gesamtstatistik der verfügbaren Analyse-Datensätzen (DS)

Nr. <sup>1</sup>	Datensätze Anzahl bzw. %						
	gesamt	verwendbar		bedingt verwendbar		nicht verwendbar	
1	4.013	2.993	74,6%	0	0,0%	1.020	25,4%
2	14.525	13.088	90,1%	531	3,7%	906	6,2%
3	400	400	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
4	13.329	7.407	55,6%	993	7,4%	4.929	37,0%
5	50.811	49.872	98,2%	939	1,8%	0	0,0%
6	1.314	1.314	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
7	6.057	33	0,5%	6.024	99,5%	0	0,0%
	90.449	75.107	83,0%	8.487	9,4%	6.855	7,6%

<sup>1</sup> Nummerierung entspricht nicht der Reihenfolge der Aufzählung der Datenlieferanten

### 3.2.2 Vergleich der Probenahmenvorschriften

Entscheidend für die Wertung der Analyseergebnisse ist u. a. die Kenntnis der angewandten Probenahmenvorschriften<sup>2</sup>. Wie Tabelle 3-3 zeigt, bestehen erhebliche Unterschiede insbesondere hinsichtlich:

- Entfernen von Strahlreglern etc.
- Desinfektion vor Probenahme
- Ablaufvolumen
- Erfassung der Temperaturen bei Probenahme und Temperaturkonstanz.

Daraus ergeben sich Unschärfen insbesondere für die Interpretation der Ergebnisse der im Bereich der Entnahmemarmaturen des Verbrauchers erfassten Proben. Es kann nicht klar zwischen dezentraler (Entnahmemarmatur und nicht zirkulierender Leitungsweg inkl. Einbauten) und teilzentraler Kontamination (TWW- bzw. TW-Versorgungsstrang) unterschieden werden.

Die überwiegende Anzahl der Daten basiert auf dem Ablauf von 5 und mehr Litern und entspricht mithin einer Qualität, die der Verbraucher überwiegend nutzt. Bei TWI, die den a.a.R.d.T. entsprechen, darf der nicht zirkulierende Leitungsweg nicht mehr als 3 Liter Wasservolumen aufweisen. Es wird somit Wasser aus dem TWW-Versorgungsstrang bzw. das in diesem Strang zirkulierende Wasser erfasst, wobei nicht differenziert werden kann, welchen Anteil am Analyseergebnis den einzelnen Installationsanteilen (Entnahmemarmatur, nicht zirkulierender Leitungsweg inkl. Einbauten, Versorgungsstrang) zuzuordnen ist.

Die Daten des HYG geben bzgl. des Analyseergebnisses KBE/100 ml nach Ablauf von max. 500 ml noch Auskunft über die dezentrale Kontamination, jedoch fehlt hier der entscheidende Parameter „Temperatur bei Probenahme“. Die NLGA-Methodik beschreibt selbst für die LS(i)-Beprobung: „... nach 1 l Ablauf wird also entweder Stagnationswasser oder Wasser aus der Zirkulation erfasst ...“.

Diese Probleme wurden dem DVGW im Juli 2011 vorgestellt und der Vorschlag der Erarbeitung einer einheitlichen Probenahme-Vorschrift initiiert. Inzwischen ist dazu die [TWIN06] erschienen. Die Bearbeiter des FuE-Themas begrüßen ausdrücklich die Vereinheitlichung, sehen jedoch insbesondere hinsichtlich des gewählten Ablaufvolumens vor Probenahme von 1 Liter für orientierende, systemische Untersuchungen Änderungsbedarf. Insofern wird im Kapitel 8 ein Vorschlag für Änderungen in der Probenahmenvorschrift erstellt.

---

<sup>2</sup> Diskutiert werden kann hier nur die Entnahme der Proben vor Ort. Zu den in der Literatur diskutierten Unterschieden hinsichtlich des Untersuchungsgangs im Labor und der Angabe der Ergebnisse liegen keine Informationen vor.

Tabelle 3-3 Übersicht zu wesentlichen Details der Probenahmenvorschriften

Institution	IHPH Bonn (UBA)	Uni Münster	NLGA	IBW-H	MTZ (UBA)	HYG
<i>Schritt</i>						
<i>Entfernen Strahlregler etc.</i>	unterschiedlich	ja	ja	ja	nein	ja
<i>Desinfektion</i>	unterschiedlich	ja	ja	ja	nein	ja
<i>Ablaufvolumen vor Probenahme</i>	unterschiedlich	5 l	differenziert • nach Erreichen max. Temp. • 1 l <sup>3</sup> • kurz <sup>4</sup>	5-10 l	5-10 l	≤ 0,5 l
<i>Probenahmenvolumen</i>	0,25 l	1 l	k. A.	k. A.	k.A.	0,25 l
<i>Probenahmetemperatur erfasst</i>	Ja	ja	ja	ja	ja	nein
<i>Temp. bei Temperaturkonstanz</i>	teilweise	nein	ja, teilw. identisch Temp. Probenahme	teilweise	teilweise	ja
<i>Statistikumfang vorgegeben</i>	k. A.	nein, da nur EFH an Badwaschbecken Ziel der Untersuchung	ja	k. A.	k. A.	nein

### 3.3 Legionellen-Untersuchungsmethode

Die von den Institutionen zur Verfügung gestellten Unterlagen enthalten keine Informationen zur angewandten Methodik der Untersuchungen im Labor sowie der verwendeten Auswertemethodik. Nachfolgend kann deshalb nur ein stark vereinfachter Einblick in die Grundzüge der Methode und die Wertung der Ergebnisse gegeben werden. Der Abschnitt basiert im Folgenden auf der Zuarbeit [Suchenwirth12] vom 30.04.2011, die in wesentlichen, entsprechend gekennzeichneten Passagen wörtlich übernommen wurde.

Die aus der Trinkwasser-Installation entnommenen Proben sind unverzüglich in das für die Bestimmung von *Legionella* sp. akkreditierte Labor zu transportieren (idealerweise

<sup>3</sup> LS1 bis LS(i) – repräsentative (hydraulisch ungünstige) Entnahmestelle an einem Steigstrang

<sup>4</sup> L3 - Eintritt Zirkulation in TWE

gekühlt, Transportzeit bis 6 h, jedoch nicht mehr als 24 h). Grundsätzlich werden Teile der Probe auf spezielle Nährböden (siehe z. B. [UBA2000]) aufgebracht, die auf die Kultivierung der *Legionella* sp. optimiert sind.

Untersucht werden sollten parallel jeweils zweimal 0,5 ml der Probe als Direktansatz sowie mindestens eine Membran-Filtration von vorzugsweise 100 ml der Probe, die nach speziellen Vorschriften auf sogenannte GVPC-Platten mit den Nährböden aufgebracht und bei  $36 \pm 2$  °C inkubiert werden. *„Die Inkubation erfolgt sieben bis zehn Tage. Findet in dieser Zeit kein Wachstum statt, ist die Untersuchung negativ beendet.“*

Findet Wachstum statt, so ist das *„Erscheinungsbild, insbesondere die Größe der Kolonien, auf den Membranfiltern anders als bei den Direktansätzen. Die Legionella-Kolonien wachsen rund, mit einem Saum, konvex, 1 bis 4 mm im Durchmesser und erscheinen nach längerer Bebrütung grau-weiß. Verdächtige Kolonien werden auf cysteinfreies Medium (Blutagarplatte) und eine Legionellenplatte überimpft und 24+/-2 h bebrütet. Nur Kolonien, die auf GVPC wachsen, aber auf cysteinfreiem Medium nicht wachsen, werden als Legionellen betrachtet und gezählt.“*

*„Ist sowohl der Direktansatz als auch der Ansatz nach Membranfiltration auswertbar, wird nach getrennter Berechnung des Ergebnisses der höhere Wert allein als Endergebnis angegeben. Wenn weder auf den Platten nach Direktansatz noch auf den Platten nach Membranfiltration Legionellen nachgewiesen werden, ist als Ergebnis Legionella sp. < Nachweisgrenze (NWG) pro 100 ml ... anzugeben.“*

Generell ergibt sich aus den zur Verfügung gestellten Ergebnissen und z. T. etwas abweichenden Untersuchungsgängen (z.B. NLGA auch 20 ml Membran-Filtrationsansatz zulässig) eine Unschärfe hinsichtlich der unteren Nachweisgrenze NWG. Die Projektbearbeiter sind deshalb der Empfehlung des projektbegleitenden Ausschusses, insbesondere des NLGA, Dr. Suchenwirth gefolgt und haben bei der Auswertung 2 KBE/100 ml als untere Nachweisgrenze gewählt. Mithin sind für die statistischen Auswertungen alle Befunde mit > 2 KBE/100 ml positive Befunde.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass trotz höchster Sorgfalt eine nicht genau zu spezifizierende Bandbreite hinsichtlich der tatsächlichen Kontamination des Systems besteht, die sich u. a. aus folgenden Fakten ergibt:

- Das Ergebnis bezieht sich immer nur auf die untersuchten Teilvolumina der entnommenen Probe. Da nicht von einer idealen Gleichverteilung der *Legionella* sp. in der Probe auszugehen ist, besteht bereits darin eine Unschärfe.
- Die Probenahme erfolgt nicht nach definierten vorangegangenen Betriebsbedingungen. Wird z.B. unmittelbar nach einer Phase mit hohen TW bzw. TWW Entnahme-Volumenströmen beprobt, so kann der Legionellenbefund trotz sonst gleicher Bedingungen anders ausfallen als bei gleichartiger Probenentnahme in Zeiten reiner Zirkulation ohne Entnahme, bei denen eine deutlich längere Verweilzeit der Trinkwasser-Volumenelemente in der TWI vorliegt.

## 4 Struktur der Datenbank

### 4.1 Allgemeines

Die Datenbankstruktur ist Ergebnis einer mehrstufigen Diskussion zwischen den direkt bzw. über Aufträge Dritter am Projekt Beteiligten sowie dem projektbegleitenden Ausschuss<sup>5</sup>. Sie stellt mithin eine Überlagerung der an den einzelnen Institutionen vorhandenen Informationen dar. Vorgehalten werden zusätzlich bereits jetzt Spalten für Informationen, zu denen bisher wenig oder gar keine Daten vorliegen, die aber perspektivisch für weiterführende Forschung als relevant erachtet werden.

Die Datenbank gliedert sich in 34 Spalten. Die Spalten 1 bis 4 dienen als Identifikator, der für den jeweils in der Zeile enthaltenen Datensatz eine eindeutige Zuordnung erlaubt. 14 Spalten (5 bis 18) sind für die Charakterisierung des Objektes, der Trinkwasser-Erwärmungsanlage und der zugehörigen Trinkwasser-Installation vorgesehen, vier für die Beschreibung der Probenahmestelle (Spalte 19 bis 22) und zwölf für die zur jeweiligen Probenahme gehörenden Temperaturen und Analyseergebnisse (Spalten 23 bis 34).

Eine Gesamtübersicht zu den einzelnen Spalteninhalten inkl. Erläuterungen zu verwendeten Kennzahlen enthält der Anhang. Nachfolgend werden präzisierende Erläuterungen gegeben.<sup>6</sup>

### 4.2 Erläuterung der Spalten und Inhalte

#### 4.2.1 Gemeinsamer Identifikator (Spalten 1 bis 4)

Zur eindeutigen Identifizierung eines Datensatzes werden folgende vier Informationen benötigt (entsprechend Spalten 1 bis 4, s. a. Abbildung 4-1):

1. *Nummer des Objektes Obj\_Nr* Diese Nummer wird fortlaufend entsprechend des Zugangs neu vergeben. Da die gelieferten Daten bereits eine derartige Zuordnung besaßen, die jedoch den Regularien der liefernden Institutionen entsprach, wird jeweils eine Zuordnung von ursprünglicher Nummer bei datenliefernder Stelle und neuer Nummer in der Datenbank erstellt.  
Die Datenbank umfasst derzeit Informationen zu 5.337 Objekten denen 75.107 verwendbare Datensätze zugeordnet sind.

---

<sup>5</sup> Freigabe mit Protokoll zur Sitzung am 14.10.2010

<sup>6</sup> Die Autoren geben dem Leser die Empfehlung, sich den Anhang vor dem weiteren Lesen auszudrucken und parallel zu nutzen.

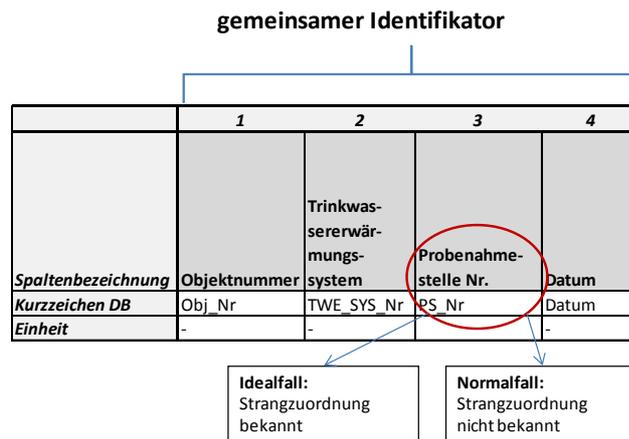


Abbildung 4-1: Identifikation der Datensätze in der Datenbank

2. *Nummer des Trinkwasser-Erwärmungssystems TWE\_Sys\_Nr* Innerhalb eines Objektes können sich mehrere Trinkwasser-Erwärmungssysteme befinden. Diese sind i. A. hydraulisch voneinander getrennt und besitzen jeweils separate Trinkwasser-Erwärmer. Hier wurde die Nummerierung der datenliefernden Stelle übernommen.  
Die Datenbank differenziert derzeit in 5742 TWE-Systeme. Dabei gibt es 5162 Objekte, die nur ein TWE-System besitzen, 79 denen zwei und 95 denen drei oder mehr TWE-Systemen zuzuordnen sind.
3. *Probenahmestellen-Nummer PS\_Nr* Die Zuordnung der *PS-Nr* erfolgt nach einer eigens entwickelten Nomenklatur, die eine eindeutige und gleichzeitig allgemeingültige Zuordnung der Stelle der Probenentnahme zur Lage in der Trinkwasser-Installation zum Ziel hat.  
Die Ziffer 1 steht dabei für einen Datensatz der nur die allgemeinen Angaben zum Objekt bzw. der TWE-Anlage enthält. Die Ziffern 2 bis 9 sind für zentrale Probenahmestellen vorbehalten. Für alle anderen Probenahmestellen wurde ein 4-stelliges System entwickelt, das für Trinkwasser-Erwärmungssysteme mit bis zu 9 Steigsträngen eine eindeutige Zuordnung von Entnahmestelle und Strang erlaubt (Abbildung 4-2). Leider stellte sich bei der Sichtung der Daten heraus, dass dies dem *Idealfall* für eine perspektivisch anzustrebende Datenerfassung entspricht und für keines der bislang in der Datenbank befindlichen TWE-Systeme Anwendung finden konnte.  
Insofern wurde eine Systematik für den *Standardfall* entwickelt, die in Abbildung 6-11 dargestellt ist. Alle datenliefernden Stellen haben die Zuordnung nach dieser Systematik selbst vorgenommen.
4. *Datum* Entspricht dem Datum der Probenahme. Für einige Analyse-Datensätze lag nur ein Jahreszuordnung vor. Diese wurden dann dem 01.01. des jeweiligen Jahres zugeordnet.

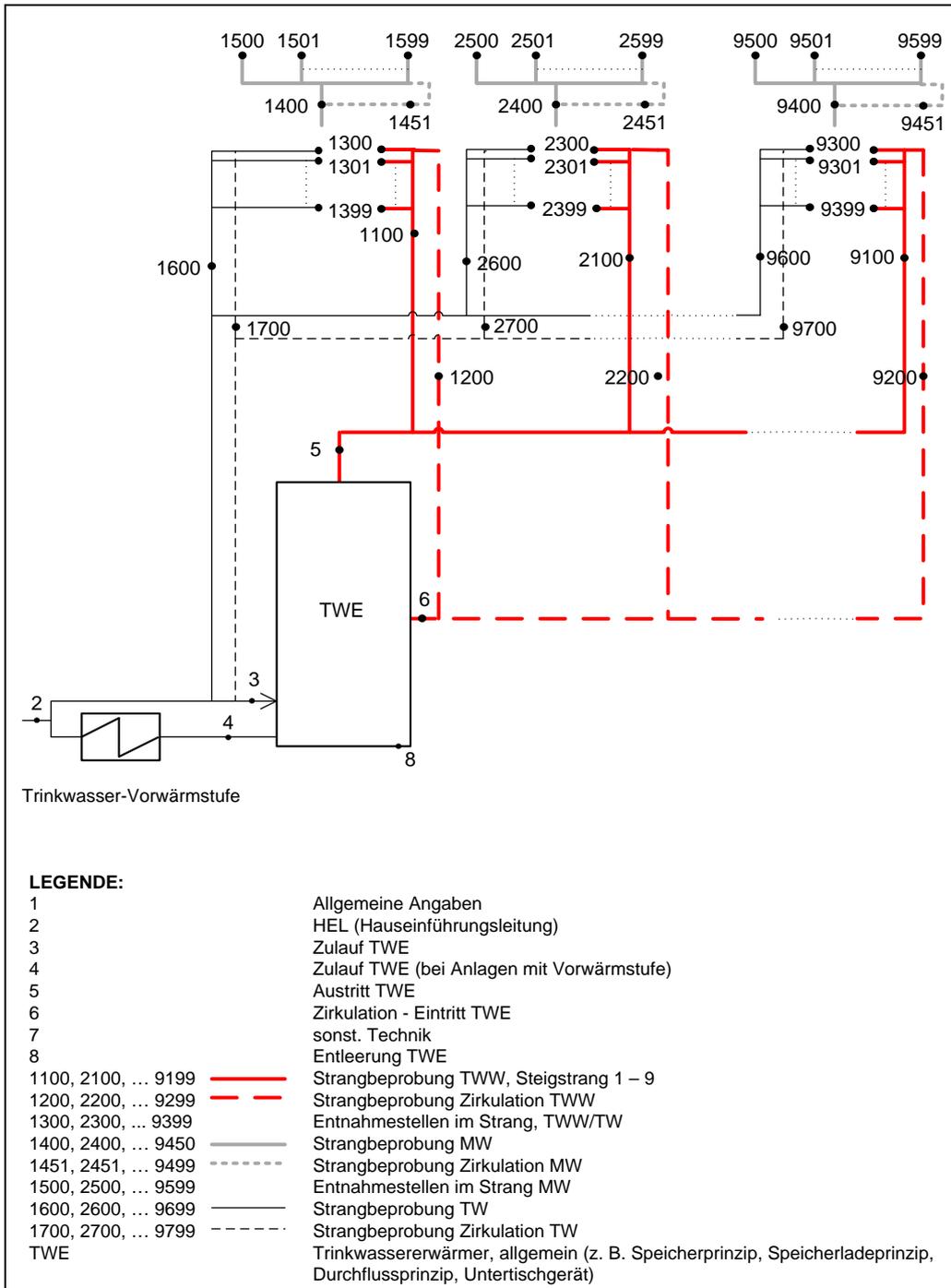


Abbildung 4-2: Idealfall für Vergabe *Probenahmestellen-Nummer PS\_Nr* (Strangzuordnung möglich)

#### 4.2.2 Charakterisierung des Objektes, der TWE und der TWI (Spalten 5 bis 18)

Trinkwasser wird in Deutschland überwiegend aus Grund- und Quellwasser gewonnen, jedoch werden auch Talsperrenwässer, Uferfiltrat sowie See- und Flusswasser verwendet. Dies zeigt, dass in der Vorkette unterschiedliche Mechanismen des Kontaktes mit der Umwelt wirken. Insofern wurde es als wichtig erachtet, ergänzende Kriterien zur Beurteilung der Herkunft des Trinkwassers zu recherchieren. Folgerichtig dienen die Spalte 5 zur

Erfassung des Wasserversorgers allgemein und die Spalte 6 bei Wasserversorgern mit mehreren Wasserversorgungsgebieten der Identifikation des Wasserversorgungsgebietes (Abbildung 4-3). Es kann bereits hier gesagt werden, dass derartige Informationen bislang nicht erfasst werden. Insofern wird auch keine projekteigene Nomenklatur entwickelt. Vielmehr soll perspektivisch auf ein in Entwicklung befindliches zentrales Codierungssystem zurück gegriffen werden.

Die Objektcharakteristik in Spalte 7 stellt ein zentrales Kriterium für weiterführende statistische Auswertungen dar. Derzeit sind 14 konkrete Objektarten differenziert. Datensätze ohne Angabe werden der Gruppe 99 „Sonstige“ zugeordnet. Ein Hinzufügen weiterer spezieller Objektarten ist problemlos möglich.

Wichtige Aspekte der Beurteilung der systemischen Kontamination einer Trinkwasser-Installation sind Kenntnisse zum Aufbau, der Betriebsweise, der Art der Legionellenuntersuchung sowie zu Alter und Sanierungsstand in den Spalten 8 bis 18. In Spalte 8 ist der Pfad zu einer Datei mit einem Schaltbild der Anlage einzutragen, der gemäß dem Passus in der [UBA2000]

*„In jedem Fall ist es notwendig, dass das untersuchte technische System so gut wie möglich dokumentiert und beschrieben wird, damit Rückschlüsse aus dem Untersuchungsergebnis auf die hygienischen Zustände im untersuchten System möglich sind.“*

theoretisch für die Objekte bzw. TWE-Anlagen vorhanden sein sollte. Bei der Art der Trinkwasser-Erwärmung (Spalte 9) wird in Trinkwarmwasser-Speichersysteme, Speicherladesysteme, zentrale und dezentrale Durchflusssysteme sowie dezentrale Kleinspeicher (Über- und Untertisch) differenziert. Spalte 10 erfasst die Summe des installierten Trinkwarmwasser-Speichervolumens.

Die Spalte 11 klassifiziert, ob ein Zirkulationssystem vorhanden ist und ob selbiges tatsächlich betrieben wird. „0“ bedeutet es ist kein Zirkulationssystem installiert, „1“ es ist ein Zirkulationssystem vorhanden, wird aber nicht betrieben (teilweise z. B. in Einfamilienhäusern anzutreffen), „2“ es ist ein Zirkulationssystem vorhanden und wird aktiv betrieben, „3“ steht für keine Angaben vorhanden.

Spalte 12 dient zur Erfassung der Betriebsweise der Trinkwarmwasser-Zirkulation hinsichtlich der in der Energieeinsparverordnung EnEV vorgesehenen Möglichkeit der Abschaltung der Zirkulation, die nach DVGW W 551 auf max. 8 Stunden pro Tag begrenzt ist, wobei wiederum die Kennzahlen 0 bis 3 (mit gleicher Bedeutung wie in Spalte 11) zur Auswahl stehen.

In Spalte 13 „GLT-Überwachung“ soll eingetragen werden, ob die Trinkwarmwasser-Installation von einer zentralen Gebäudeleittechnik überwacht wird. In der Datenbank kann naturgemäß nur das technische Vorhandensein und der aktive oder deaktivierte Betrieb erfasst werden. Welche Alarmmeldungen (z. B. bei Unterschreiten von Temperaturen am Austritt TWE oder Wiedereintritt der Zirkulation in den TWE) daraus generiert werden bzw. wie diese ggf. in großen Objekten in eine „Water Safety Plan“ integriert sind, sollte nicht erfasst werden.

Spalte 14 ist aus den praktischen Beobachtungen der datenliefernden Stellen heraus entstanden, da es in einer Reihe von Objekten auch ohne Erreichen bzw. Überschreiten des technischen Maßnahmewertes für *Legionella* sp. sogenannte „vorbeugende Maßnahmen der Legionellenprävention“ gibt. Damit ist ausdrücklich nicht das nach DVGW W 551 geforderte Durchheizen von Speichern und Vorspeichern auf 60 °C gemeint. Vielmehr wer-

den Systeme angeboten, die z.B. einmal wöchentlich das gesamte Zirkulationssystem für eine gewisse Zeit auf 70 °C aufheizen, oder es sind UV-Anlagen o. ä. installiert. Auf die technischen Details kann eine derartige Datenbank nicht abheben. Die wiederum sinn- gemäß übertragenen Kategorien „0- nicht vorhanden“ über „1- vorhanden, aber nicht aktiv“ und „2- aktiv“ bis „3- keine Angaben“ dienen als additives Beurteilungskriterium.

Die Spalte 14 „Probenahme-Anweisung“ setzt die in Abschnitt 3.2.2 ausführlich erläuterten Probenahme-Anweisungen in ein Kennzahlssystem um, das selbstverständlich hin- sichtlich künftig neuer Probenahme-Vorschriften ergänzt werden kann. Eintragungen für das Baujahr (Spalte 16), das Jahr der letzten Sanierung bzw. Umbaumaßnahme (Spalte 17) sowie ein Textfeld zum Notieren von wichtigen Bemerkungen folgen.

Alle in Abbildung 4-3 zusammenfassend dargestellten 14 Spalten zur allgemeinen Cha- rakterisierung des Objektes, der Trinkwasser-Erwärmungsanlagen sowie der Trinkwas- ser-Installation in Installation, Betrieb und Legionellen-Überwachung, sind je Trinkwas- ser-Erwärmungsanlage nur einmal beim Anlegen des Objektes und der TWE zu erfassen und werden jeweils der PS-Nr 1 „Allgemeine Angaben“ zugeordnet. Sollten sich grund- sätzliche Änderungen ergeben, so kann eine Überschreibung erfolgen, wobei in der Spal- te 18 „Allgemeine Bemerkungen“ der Änderungsgrund sowie die Änderungen gegenüber dem vorherigen Zustand beschrieben werden sollte. Dieser Fall ist jedoch in der laufen- den Bearbeitung nicht aufgetreten, da keine der datenliefernden Stellen Untersuchungs- ergebnisse zu bereits erfassten TWE-Anlagen nachgeliefert hat.

	5	6	7	8	9	10
<b>Spaltenbezeichnung</b>	Wasser- versorger	Wasserver- sorgungs- gebiet	Objekt- charakte- ristik	Schaltbild- pfad	Art der Trinkwassererwä- rmung	Inhalt Trink- wasser- speicher
<b>Kurzzeichen DB</b>	WV	WVG	O_char	Bild	TWE_art	V_Sp
<b>Einheit</b>	-	-	-	-	-	Liter

	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Spaltenbezeichnung</b>	Zirku- lation	Abschaltung Zirkulation nach EnEV	GLT- Überwa- chung	techn. Legio- nellen- prävention	Probenahme- anweisung	Baujahr TWE	letzte Sanierung/ Umbaumaß- nahme	allgemeine Bemerkunge- n
<b>Kurzzeichen DB</b>	Zirk	Zirk_on_off	GLT	Legio_präv	Anweisg	Baujahr	Sanierung	Bemerk1
<b>Einheit</b>	-	-	-	-	-	-	-	-

Abbildung 4-3: Spalten der Datenbank zur Charakterisierung Installations- und Be- triebssituation TWE, TWI

#### 4.2.3 Beschreibung der Probenahmestelle (Spalten 19 bis 22)

Die Charakterisierung der Lage der Probenahmestelle in der TWI ist bereits mit der ent- sprechenden Nomenklatur für Spalte 3 gegeben. Trotzdem sind signifikante Differenzie- rungen der statistischen Auswertung möglich, wenn weitere Charakteristika in den Spal- ten 19 bis 22 eingetragen werden können, die wie folgt zu differenzieren sind:

- *Spalte 19 Armatur:* Art der zur Entnahme der Probe genutzten Armatur entspre- chend des erstellten Schlüssels (Einfluss der Armaturenart über allgemein be-

kannte konstruktive Besonderheiten, typische Temperaturen an der Armatur selbst).

- *Spalte 20 Platz:* Hierbei handelt es sich um eine zusätzlich vom Projektbegleitausschuss gewünschte Kategorie, die eine Präzisierung zu eventuellen Einflüssen der direkten Umgebung der Entnahme zulässt.
- *Spalte 21 TWW\_Grenz:* Im Sinne des Verbrühungsschutzes sind in vielen öffentlichen und gewerblichen Einrichtungen Begrenzungen der maximalen Trinkwarmwassertemperatur an der Entnahmestelle vorzusehen. Dafür werden entweder zentrale Mischer, Gruppenmischer oder Begrenzer in der Auslaufarmatur genutzt. Letzteres ist sowohl mechanisch durch Begrenzung des Öffnungsgrades der TWW-Seite bei Einhebelmischern oder durch in die Armatur integrierte Thermostate (auch im privaten Bereich) möglich. Liegen derartige Begrenzungen vor, so kann ggf. durch dauerhaften Betrieb von Anlagenteilen in der Zone des optimalen Legionellenwachstums eine höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Kontaminationen mit *Legionella* sp. vorliegen.
- *Spalte 22 Probe:* Um differenzieren zu können, ob im nachfolgend zu erfassenden Befund signifikante Einflüsse der Entnahmearmatur enthalten sind oder nicht, wird in die Kategorien „1-Sofort“ und „2-nach Ablauf“ differenziert. Die weitere Unter- setzung des Begriffs „nach Ablauf“ wird in Überlagerung mit den Eintragungen zur Probenahmevervorschrift in *Spalte 15 Anweisg.* möglich.

	19	20	21	22
<b>Spaltenbezeichnung</b>	Zur Probenahme genutzte Entnahme- armatur	Ergänzende Charakte- risierung der Probenahme- stelle	TWW- Temperaturbe- grenzung	Charakteri- sierung des Ablaufvolu- mens vor Probenahme
<b>Kurzzeichen DB</b>	Armatur	Platz	TWW_Grenz	Probe
<b>Einheit</b>	-	-	-	-

Abbildung 4-4: Spalten der Datenbank zur Charakterisierung der Probenahmestelle

#### 4.2.4 Analyseergebnisse und Temperaturen (Spalten 23 bis 34)

Kernstück der Datenbank sind die Analyseergebnisse getrennt nach Trinkwasser (kalt) (Spalten 23 bis 27) und Trinkwarmwasser (Spalten 28 bis 33) jeweils differenziert nach den unterschiedlichen Mess- bzw. Auswertemethoden sowie ergänzt um Bemerkungen in der Spalte 34 (Abbildung 4-5). Hierbei sind zu erfassen:

- *Spalten 23 und 28:* Die Temperaturen der Probenahme  $t_{Probe\_TW}$  für Trinkwas- ser (kalt) und  $t_{Probe\_TWW}$  für Trinkwarmwasser.
- *Spalten 24 und 29:* Die minimalen Temperaturen der Probenahme  $t_{TW\_min}$  für Trinkwasser (kalt) und  $t_{TWW\_min}$  für Trinkwarmwasser während der gesamten Probenahme. Bei TWW-Proben mit Ablauf vor den Probenahmen kann diese be- reits vor der eigentlichen Probenahme als sogenannte Soforttemperatur auftreten. Im Bereich des Trinkwassers wird es normaler Weise eine Temperatur nach Ablauf im Nachgang zur Probenentnahme bis zum Erreichen der Temperaturkonstanz sein.
- *Spalte 30:* Die maximale Temperatur der Probenahme  $t_{TWW\_max}$  für Trink- warmwasser, ebenfalls bestimmt mittels Temperaturmessung nach Ablauf im Nachgang zur Probenentnahme bis zum Erreichen der Temperaturkonstanz.

- *Spalten 25 und 31:* Ergebnis der Untersuchung auf *Legionella* sp. in 100 ml Probe in der Einheit KBE/100 ml für Trinkwasser (kalt) (KBE\_TW\_1) oder Trinkwarmwasser (KBE\_TWW\_1).
- *Spalten 26 und 32:* Ergebnis der Untersuchung auf *Legionella* sp. in 1 ml bzw. 2 x 0,5 ml Probe in der Einheit KBE/1 ml für Trinkwasser (kalt) (KBE\_TW\_2) oder Trinkwarmwasser (KBE\_TWW\_2).
- *Spalten 27 und 33:* Gesamtergebnis der Untersuchung auf *Legionella* sp. nach [UBA2000] in der Einheit KBE/100 ml für Trinkwasser (kalt) (KBE\_TW\_UBA) oder Trinkwarmwasser (KBE\_TWW\_UBA). (Bei Angabe aller Parameter auch identisch mit jeweiligem Maximum der Ergebnisse aus den Spalten 25 und 26 bzw. 31 und 32)

	23	24	25	26	27
<b>Spaltenbezeichnung</b>	Temperatur Probe-nahme TW	minimale Temperatur TW	Legionellen TW 1	Legionellen TW 2	Legionellen TW UBA 2000
<b>Kurzzeichen DB</b>	t_Probe_TW	t_TW_min	KBE_TW_1	KBE_TW_2	KBE_TW_UBA
<b>Einheit</b>	°C	°C	1/100 ml	1/1 ml	1/100 ml

	28	29	30	31	32	33	34
<b>Spaltenbezeichnung</b>	Temperatur Probe-nahme TWW	minimale Temperatur TWW	maximale Temperatur TWW	Legionellen TWW 1	Legionellen TWW 2	Legionellen TWW UBA 2000	Bemerkung
<b>Kurzzeichen DB</b>	t_Probe_TW	t_TWW_min	t_TWW_max	KBE_TWW_1	KBE_TWW_2	KBE_TWW_UBA	Bemerk2
<b>Einheit</b>	°C	°C	°C	1/100 ml	1/1 ml	1/100 ml	-

Abbildung 4-5: Spalten der Datenbank zur Erfassung der Temperaturen und Analyseergebnisse

### 4.3 Gewünschte Differenzierung und reale Datenlieferung

#### 4.3.1 Bedingt verwendbare und verwendbare Datensätze

Der mit der Erstellung der Datenbank beabsichtigte Mehrgewinn an statistischen Erkenntnissen ist naturgemäß von dem derzeitig verfügbaren Informationsumfang abhängig. Wie bereits in Abschnitt 3.2.1 aufgezeigt, sind von den gelieferten 90.449 Analyse Datensätzen 8.487 nur bedingt verwendbar sowie 75.107 tatsächlich verwendbar.

Dies bedeutet, dass 8 % (6.855) der Datensätze zwar ein Ergebnis der Legionellenbeprobung enthalten, aber keinerlei Temperaturangabe. Die praktische Relevanz dieser Daten hinsichtlich der Ableitung von Maßnahmen im forschungsgegenständlichen Sinne ist mithin nicht gegeben und es erfolgte keine Aufnahme in die Datenbank.

Problematisch sind die weiteren 9 % nur bedingt verwendbarer Datensätze für die keine zur Probenahme selbst gehörende Probenahmetemperatur, sondern nur eine Kon-

stanttemperatur (Spalten 24, 29 oder 30) vorliegt. Insofern diese Daten in der Vergangenheit zur Ableitung von Maßnahmen für die konkreten Objekte bzw. von anderen Stellen zu statistischen Auswertung der Abhängigkeit des Legionellenbefalls von der Temperatur herangezogen worden sind, kann dies zu falschen Schlussfolgerungen geführt haben. Für Trinkwarmwasserproben an endständigen Entnahmestellen des Verbrauchers wird bspw. dadurch ein hoher Legionellenbefall ggf. mit der maximalen Temperatur  $t_{TWW\_max}$  verknüpft. Wird dann als Maßnahme nur eine Erhöhung der Austrittstemperatur am Austritt des Trinkwasser-Erwärmers angeordnet, so bleiben die ggf. vorhandenen Defizite in der hydraulischen Anbindung des zur Entnahmestelle gehörenden Zirkulationsstranges bzw. Probleme in der nicht zirkulierenden Einzelzuleitung unberücksichtigt.

#### 4.3.2 Informationen zum Objekt, der TWE und der TWI

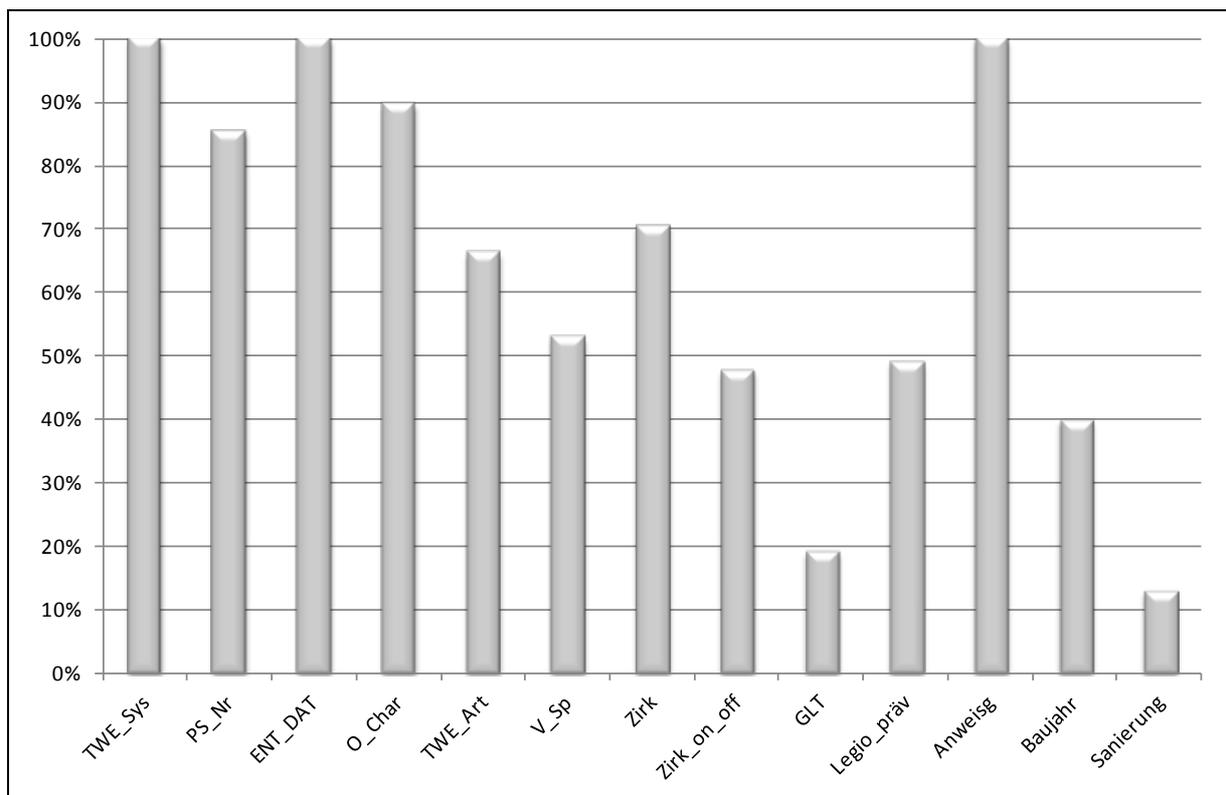


Abbildung 4-6: Stand der Datenlieferung – Allgemeine Angaben (bedingt verwendbare und verwendbare Datensätze)

Abbildung 4-6 wertet die Datenlage hinsichtlich der allgemeinen Angaben zum Objekt, der Trinkwasser-Erwärmungsanlage sowie der Trinkwasser-Installation aus.

Daraus ergibt sich bzw. ist ergänzend anzuführen:

- Alle bedingt verwendbaren Datensätze sind eindeutig einer Trinkwasser-Erwärmungsanlage *TWE\_Sys* eines Objektes zuzuordnen, enthalten die Angabe zum Datum der Probenentnahme *ENT\_DAT* und zur verwendeten Probenahmevervorschrift *Anweisg*.
- Es gibt keine Angaben zu Wasserversorger *WV* bzw. Wasserversorgungsgebiet *WVG*.

- Schaltbilder zu den Anlagen (*Bild*) existieren nicht. Das ist zukünftig zwingend zu ändern, da nur über die Schaltbilder sowie die darin eingetragenen Probennahmestellen Aussagen zum technischen Aufbau der Anlage und eine Beurteilung der Effizienz von Maßnahmen generiert werden können.
- Für 85,4 % der Datensätze lag eine Eintragung in der Spalte *PS\_Nr* zur Lage der Proben-Entnahmestelle in der TWI vor. Bei den 14,6 % der Datensätze ohne Angaben zur *PS-Nr* wurden den Zellen der Wert „999-keine Angaben“ zugewiesen.

Wie in Abbildung 4-7 veranschaulicht, dominieren die Ergebnisse der Beprobung der Entnahmestelle TW/TWW die statistische Datenbasis.

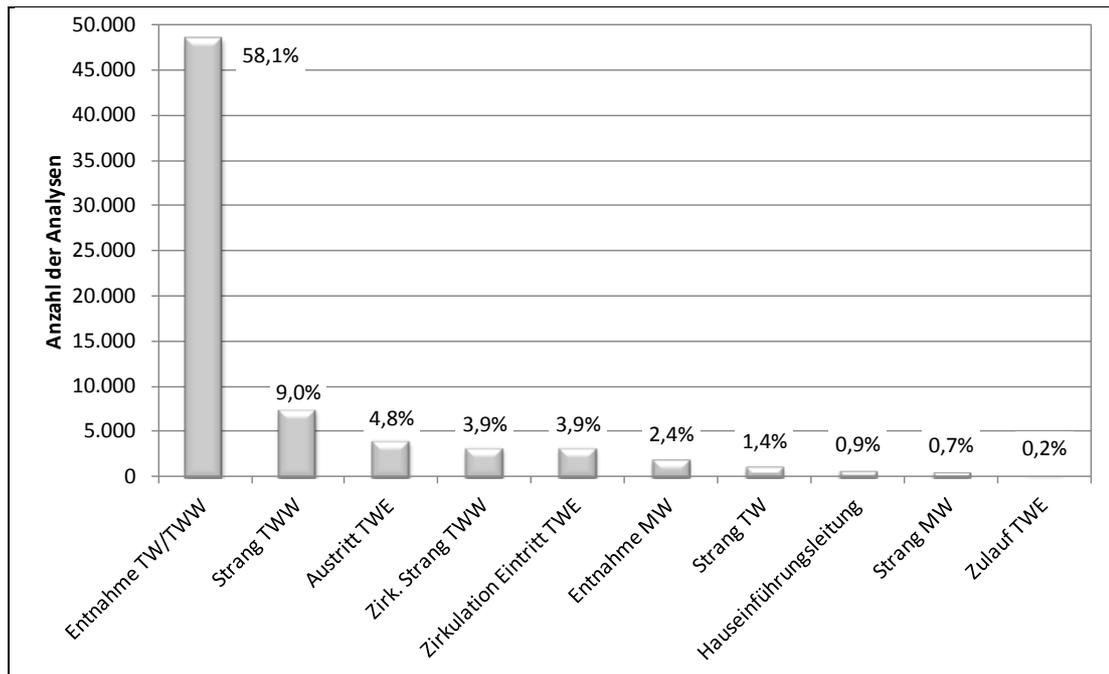


Abbildung 4-7: Datenlieferung Probennahmestelle (Analysen)

Auffällig ist, dass nur 4,8 % der Analysen dem Austritt des Trinkwasser-Erwärmers *Austritt TWE* zuzuordnen sind, jedoch 58,1 % den Entnahmestellen *Entnahme TW/TWW* und 9 % dem *Strang TWW*. Auf die Kategorie *Zirkulation Eintritt TWE* entfallen nur 3,9 % der Datensätze. Die Unschärfe zwischen *Austritt TWE* und *Zirkulation Eintritt TWE* kann nicht vollständig geklärt werden, da etwa 29 % der Datensätze keine Aussagen zum Vorhandensein einer Zirkulation besitzen (s. a. Abbildung 4-12).

Überlagert man diese Daten mit der Definition einer orientierenden Untersuchung (z. B. nach DVGW W 551 [UBA2000], [UBA2005]) nach der der Austritt des TWE, der Eintritt der Zirkulation in den TWE und jeder bzw. eine repräsentative Anzahl von Steigsträngen zu beproben ist, so ergeben sich folgende zwei grundsätzlichen Thesen für eine Interpretation:

1. Die TWE-Anlagen besitzen im Durchschnitt mindestens 12 bis 14 Steigstränge.
2. Es handelt sich zu einem großen Anteil nicht um Ergebnisse orientierender sondern um weitergehende Untersuchungen.

Auf Grund des Fehlens von Schaltbildern kann These 1 nicht widerlegt werden, jedoch zeigt die später eingeführte Objekthistorie, dass These 2 in vielen Fällen die zutreffende Interpretation ist.

- 89,7 % der Datensätze sind einer der 14 vorgegebenen Objektarten zugeordnet. Mit 38,5 % dominieren die Krankenhäuser, gefolgt von Turnhallen (11,3 %) und Pflegeheimen (10,5 %). 10,3 % der Datensätze enthielten keine Eintragung in der Zelle *O\_Char* und wurden der Objektart „99-Sonstiges“ zugeordnet (Abbildung 4-8).
- Interessant ist, dass sich eine signifikante Verschiebung der Reihung ergibt, wenn man eine Wertung nach TWE-Anlagen (Abbildung 4-9) vornimmt. Dann dominieren die Turnhallen mit 18,1 % und die Krankenhäuser nehmen mit 8,6 % nur noch Platz 5 ein. Dies resultiert aus einer stark differenzierten Anzahl von Analysendatensätzen je TWE-Anlage in den einzelnen Objektkategorien.

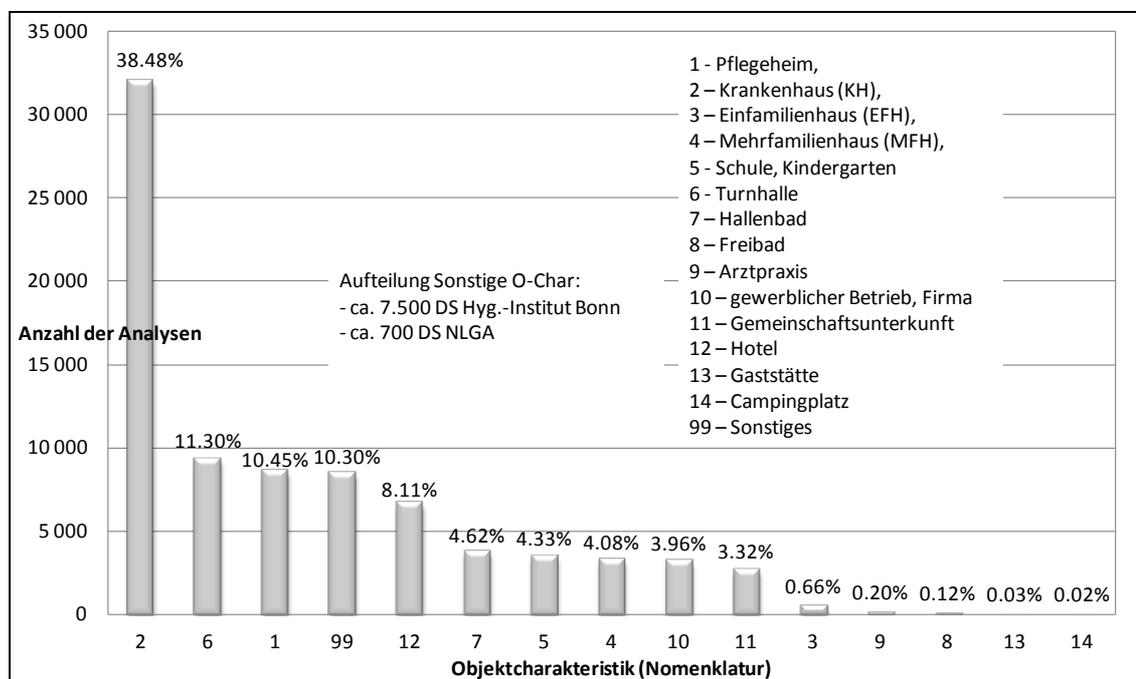


Abbildung 4-8: Statistik Objektcharakteristik nach Häufigkeit geordnet (Auswertung Analysen)

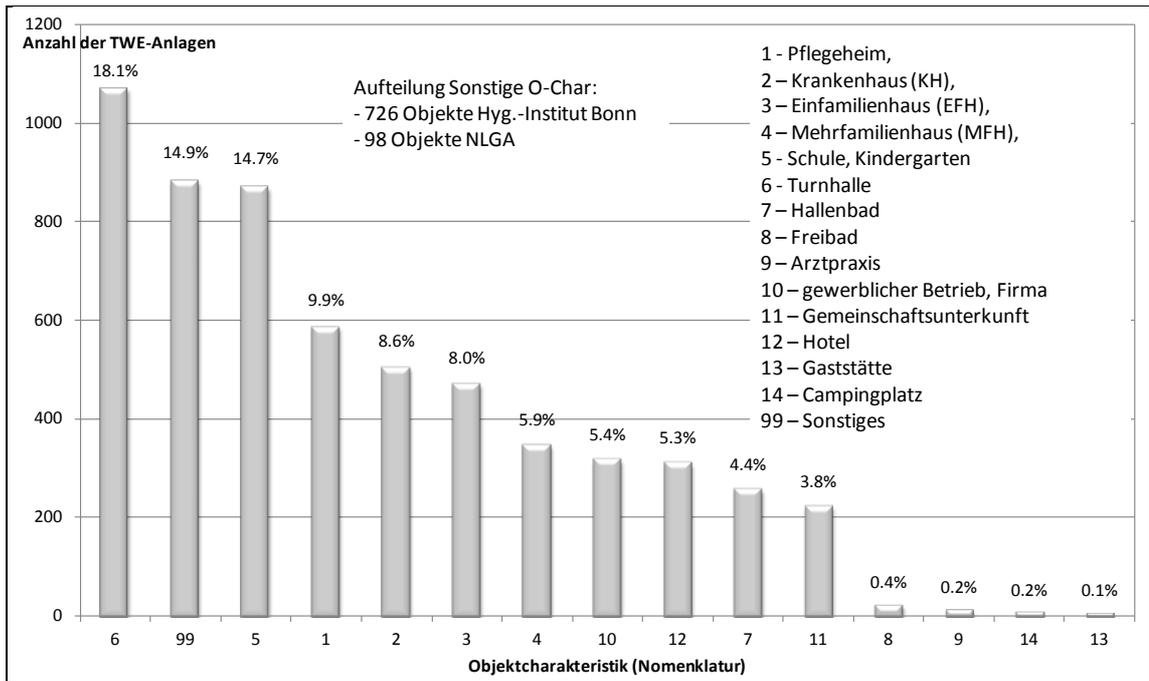


Abbildung 4-9: Statistik Objektcharakteristik nach Häufigkeit geordnet (Auswertung nach TWE-Anlagen)

Tabelle 4-1 Statistische Auswertung - durchschnittliche Anzahl der Datensätze je TWE-Anlage differenziert nach Objektcharakteristik

<b><i>O_Char</i></b>	<b><i>Datensätze/ TWE</i></b>
1 - Pflegeheim,	14,9
2 - Krankenhaus (KH)	<b>63,7</b>
3 - Einfamilienhaus (EFH)	1,2
4 - Mehrfamilienhaus (MFH)	9,8
5 - Schule, Kindergarten	4,2
6 - Turnhalle	8,8
7 - Hallenbad	14,9
8 - Freibad	4,3
9 - Arztpraxis	12,2
10 - gewerblicher Betrieb, Firma	10,4
11 - Gemeinschaftsunterkunft	12,3
12 - Hotel	<b>21,7</b>
13 - Gaststätte	3,3
14 - Campingplatz	2,2
99 - Sonstiges	9,8

Bestimmt man die durchschnittliche Anzahl der Datensätze, die für die einzelnen Objektarten zur Verfügung stehen (Tabelle 4-1), so wird die Dominanz des Einflusses der einzelnen Krankenhäuser und Hotels auf die gesamtstatistische Auswertung aller bedingt verwendbaren und verwendbaren Datensätze deutlich. Auf-

grund dieser Tatsache wird im Kapitel 6 eine vergleichende Auswertung von Mittelwerten für die jeweilige Objektart und Mittelwerten aller Datensätze vorgenommen.

- Für 66,8 % der Datensätze ist eine Zuordnung zu einer der fünf Arten der Trinkwasser-Erwärmung *TWE\_Art* (40,8 % Speicherprinzip, 15,0 % Speicherladeprinzip, 9,6 % Durchflussprinzip zentral, 0,1 % DF dezentral, 1,3 % Untertischspeicher) erfolgt. Alle leeren Zellen wurden mit dem Wert „6-keine Angaben“ aufgefüllt.

Statistisch interessanter ist für diese Größe die Auswertung nach TWE-Anlagen, wie in Abbildung 4-10 dargestellt. Ca. 63 % der Anlagen arbeiten mit dem klassischen Speicherprinzip und nur knapp 5 % mit den modernen Techniken Speicherlade- und Durchflussprinzip.

- 53 % der Datensätze wurden Systemen entnommen, in denen das Volumen des Trinkwarmwasserspeichers *V\_Sp* bekannt ist. Es entstammen 33 % aus Anlagen mit Trinkwasserspeichern > 400 Liter. (Abbildung 4-11)

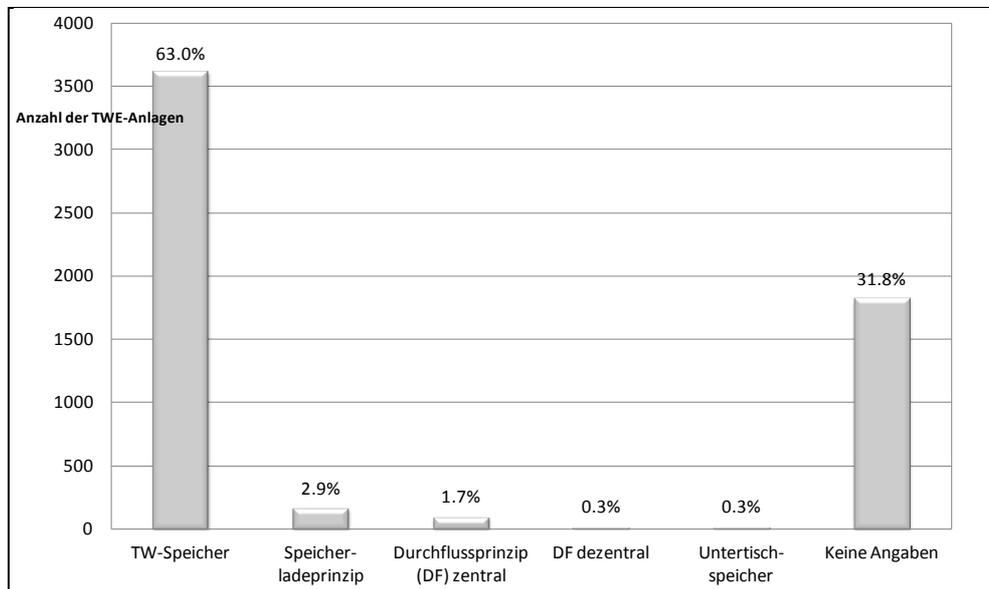


Abbildung 4-10: Art der Trinkwasser-Erwärmung (nach TWE-Anlagen)

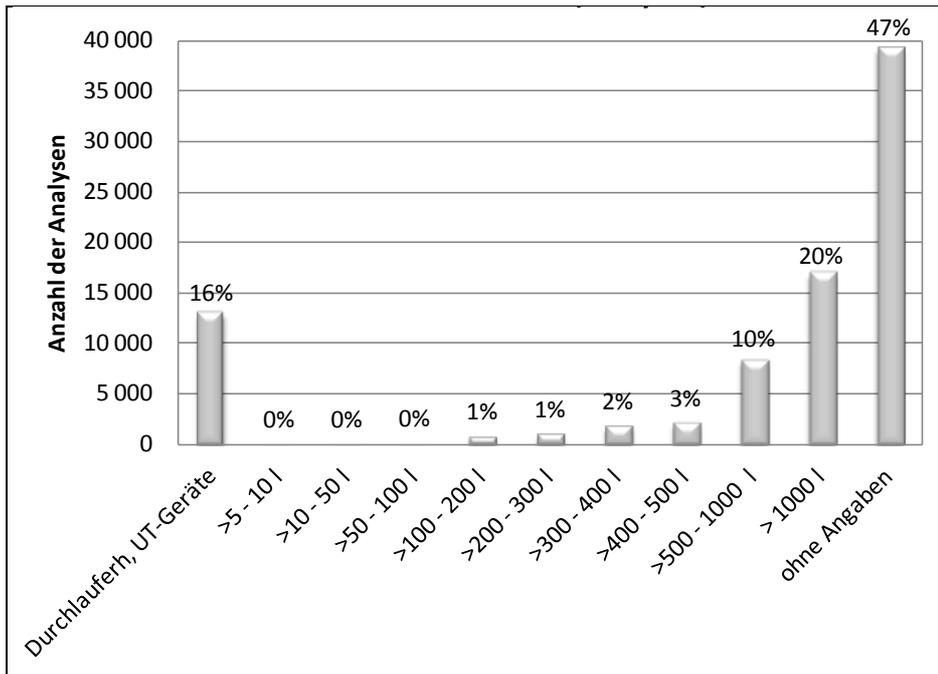


Abbildung 4-11: Größe des Volumens des TWE (Analysen)

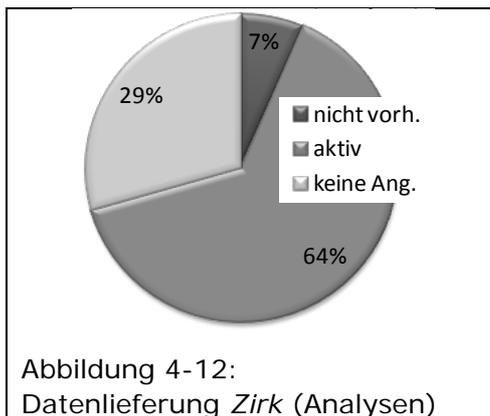


Abbildung 4-12: Datenlieferung Zirk (Analysen)

64 % der Datensätze sind Anlagen zuzuordnen, in denen ein Zirkulationssystem installiert und aktiv betrieben wird. 6,5 % der Datensätze entstammen Anlagen ohne Zirkulationssystem. Bei 29,5 % der Datensätze lag keine Information vor. Diese wurden in der jeweiligen Zelle für *Zirk* mit dem Wert *3-keine Angaben* belegt. (Abbildung 4-12)

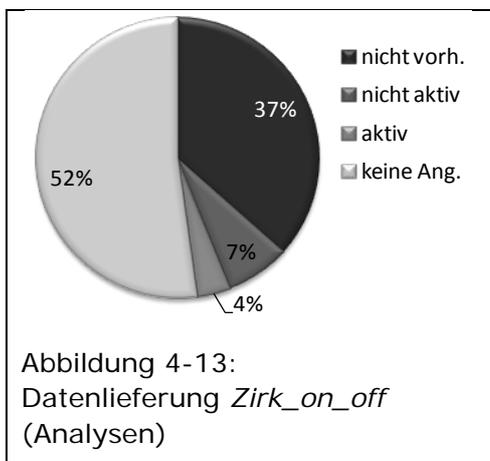


Abbildung 4-13: Datenlieferung Zirk\_on\_off (Analysen)

In der Spalte *Zirk\_on\_off* gibt es für 47,8 % der Datensätze eine Angabe. Davon sind 36,7 % Anlagen entnommen, die über keine Möglichkeit der gezielten, regelmäßigen Abschaltung der Zirkulation verfügen, in 7,3 % ist diese vorhanden aber nicht aktiv und nur in 3,8 % aktiv. Die übrigen Datensätze (52,2 %) wurden in dieser Zelle mit dem Wert *3-keine Angaben* aufgefüllt. (Abbildung 4-13)

- Bezüglich des Wirkens einer GLT liegen nur für 19 % der Analysen Informationen vor (folgerichtig sind die übrigen 81 % mit *3-keine Angaben* belegt), von denen 79 % (also 15 % aller Analysen) Systemen entnommen wurden, die aktiv von einer GLT überwacht werden.
- Für 40 % der Anlagen ist das Baujahr bekannt und für 13 % gibt es Angaben zum Jahr der letzten Sanierung.

#### 4.3.3 Datenlage Probenahmestelle, Analyseergebnisse und Temperaturen

Die detaillierte Auswertung dieser Daten (Spalten 19 bis 33 der Datenbank) wird Gegenstand der ausführlichen Auswertung in den Kapiteln 5 und 6 sein. Insofern seien hier nur die globalen statistischen Informationen anhand Abbildung 4-14 zusammengestellt.

- Eintragungen zu *Armatur* und *Platz* enthalten 82 bzw. 86 % der Analysen-Datensätze.
- Nur 10,2 % der Analysen können Angaben bzgl. der Temperaturbegrenzung an der Entnahmestelle *TWW\_Grenz* zugeordnet werden. Dabei enthalten 5,77 % der Analysen die Angabe, dass keine Temperaturbegrenzung vorhanden ist.

Lediglich 4,43 % der Analysen haben eine Temperaturbegrenzung. Davon entfallen 1,59 % auf die Entnahme MW, 1,58 % auf die Entnahme TW/TWW, 0,59 % auf Strang MW und 0,67 % auf sonstige Entnahmestellen.

Diese Angaben bedeuten, dass 34 % der Analysen Entnahme MW keine Angaben zur Temperaturbegrenzung besitzen.

- Zur allgemeinen Charakterisierung des Ablaufs vor der Probenahme über den Parameter *Probe* gab es Eintragungen zu 68.344 Datensätzen (ca. 82 %).<sup>7</sup>
- Entscheidend für die weiteren Auswertungen ist die Kenntnis der Probenahmetemperatur. Nach Angaben der datenliefernden Stellen sind diese für 89,8 % (entspricht der Anzahl verwendbarer Datensätze) bekannt, wovon 14,5 % (12.137 DS) der Analyse-Datensätze in den Feldern Trinkwasser (kalt) TW und 75,3 % (62.980 DS) in denen für Trinkwarmwasser TWW eingetragen worden sind.
- Im Bereich *TWW* gibt es nur 4665 Datensätzen, die sowohl die Probenahmetemperatur  $t_{TWW}$  als auch die Maximaltemperatur  $t_{TWW\_max}$  beinhalten. Bei 76 Datensätzen ist die maximale Temperatur kleiner als die Probenahmetemperatur.
- Im Bereich TW haben 475 DS eine Probenahmetemperatur  $t_{TW}$  und eine Minimaltemperatur  $t_{TW\_min}$ . Bei 249 DS ist die minimale Temperatur größer als die Probenahmetemperatur.
- Vorstehende zwei Auswertungen lassen es für eine Weiterführung der Datenbank als sinnvoll erscheinen, sowohl im TW als auch im TWW neben der eigentlichen Probenahmetemperatur jeweils nur die Spalten Temperatur bei Erreichen der Temperaturkonstanz nach Ablauf ( $t_{TW\_konst}$  und  $t_{TWW\_konst}$ ) zu führen.

---

<sup>7</sup> Einige datenliefernde Stellen wenden unterschiedliche Anweisungen zum Ablauf vor Probenahme an, dadurch ist ein nachträgliches Auffüllen fehlender Angaben nicht möglich. Insofern gibt es zu 18 % der DS keine konkreten Angaben.

- Hinsichtlich der Analyseergebnisse *Legionella* sp. sind in den jeweils drei Spalten *KBE\_TW* bzw. *KBE\_TWW* unterschiedliche Eintragskombinationen typisch, aus denen sich auch Unterschiede für die weitere statistische Auswertung wie folgt ergeben:
  - Es liegen nur Ergebnisse zu Untersuchungen in 100 ml Probe und in 1 bzw. 0,5-ml-Proben vor (Eintragungen bei *KBE\_TW\_1* und *KBE\_TW\_2* bzw. *KBE\_TWW\_1* und *KBE\_TWW\_2*). Dann wird der jeweils höhere Wert für die weiteren Auswertungen herangezogen.
  - Es steht nur das Ergebnis der Bewertung nach [UBA2000] bzw. [UBA 2005] als Auswertungsgrundlage zur Verfügung (Eintragungen bei *KBE\_TW\_UBA* bzw. *KBE\_TWW\_UBA*).
  - Alle drei Zellen enthalten Eintragungen. In diesem Fall wurde die Richtigkeit der von [UBA2000] bzw. [UBA2005] empfohlenen Auswertung geprüft. Für einige Datensätze wurde dabei deutlich, dass in den Spalten *KBE\_TW\_2* bzw. *KBE\_TWW\_2* die Eintragung nicht in KBE/1ml sondern in KBE/100 ml erfolgte. Eine Änderung der Eintragung wurde vorgenommen, jedoch ausschließlich die Spalten *KBE\_TW\_UBA* bzw. *KBE\_TWW\_UBA* für die Auswertungen genutzt.

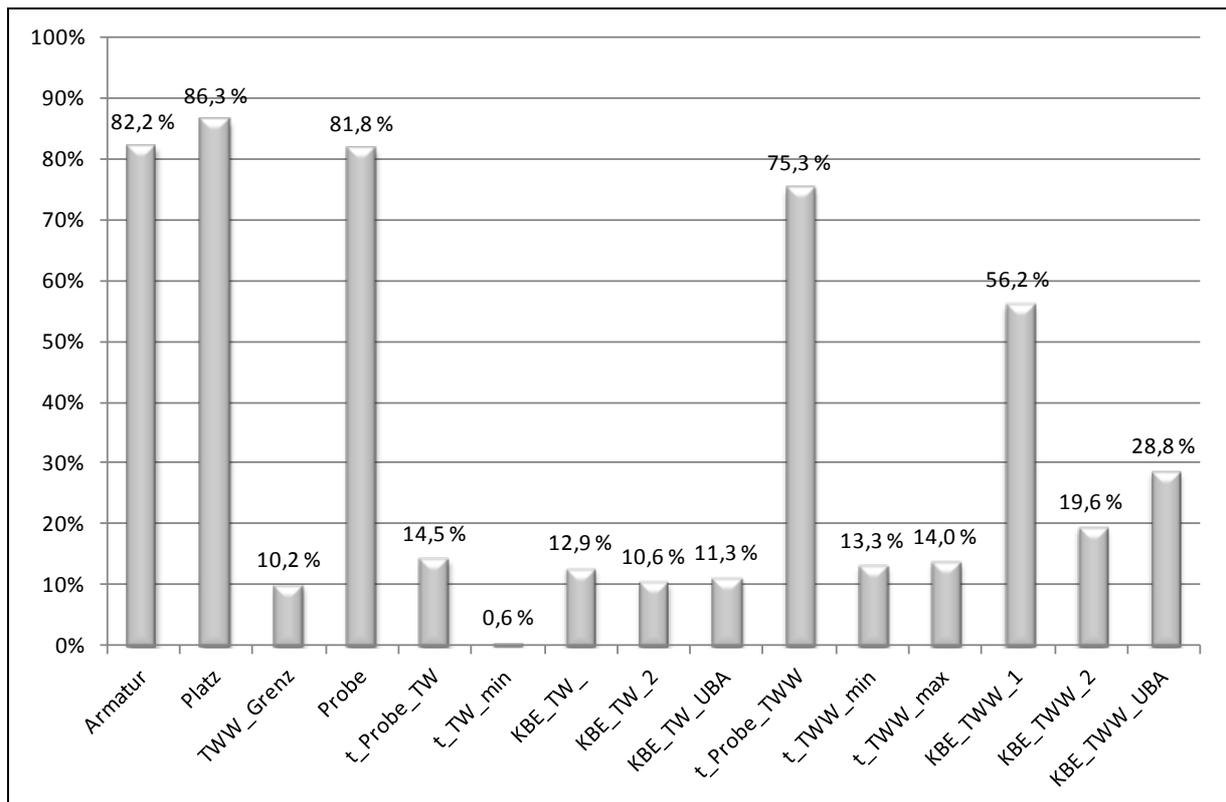


Abbildung 4-14: Stand der Datenlieferung – Angaben zu den Probenahmestellen (bedingt verwendbare und verwendbare Datensätze)

#### **4.3.4 Beeinflussung TW und TWW an der Entnahmestelle des Verbrauchers**

Die Struktur der Datenbank zur Erfassung der Analysenergebnisse und der Temperaturen (Abbildung 4-5) erlaubt die Zuordnung sowohl eines Analysenergebnisses TW als auch eines Analyseergebnisses TWW bei einer Probenserie am gleichen Tag zu einer Entnahmestelle. Hieraus sollten Schlussfolgerungen hinsichtlich der Beeinflussung des Trinkwassers durch die Installationssituation in der TWI selbst, im Gebäude sowie des möglichen Einflusses der Legionellensituation Trinkwasser (kalt) TW auf die Legionellensituation im Trinkwarmwasser-Bereich gezogen werden.

Es existieren jedoch keine Analysen-Datensätze, die gleichzeitig Einträge sowohl in den Spalten 23 bis 27 für TW als auch in den Spalten TWW (Spalten 23 bis 33) enthalten, sodass keine derartigen Aussagen im endständigen Entnahmebereich generiert werden können.

## 5 Auswertung nach der Probenahme-temperatur

### 5.1 Grundlagen – Methodik, Darstellungsweise, Objekthistorie

#### Methodik

Für die Auswertungen der Untersuchungsergebnisse zu *Legionella* sp. in Abhängigkeit der verschiedenen Parameter soll zur besseren Übersichtlichkeit eine einheitliche Methodik der Auswertung und Darstellung Verwendung finden.

Es erwies sich als zweckmäßig, folgende Definitionen einzuführen:

- G** = Gesamtzahl der verwertbaren Analysen-Datensätze
- OB** = Anzahl der Analysen mit *Legionella* sp.  $\leq 2$  KBE/100 ml
- K2** = Anzahl der Analysen mit *Legionella* sp.  $> 2$  KBE/100 ml
- K2-99** = Anzahl der Analysen mit  $2 \text{ KBE/100 ml} < \textit{Legionella sp.} < 100 \text{ KBE/100 ml}$
- K100** = Anzahl der Analysen mit *Legionella* sp.  $\geq 100$  KBE/100 ml

Wie bereits ausgeführt, handelt es sich bei vielen Probenreihen um weitergehende Untersuchungen. Insofern werden in Anwendung und Überlagerung der Tabellen 1 a und 1 b der DVGW W 551 von 2004 (s. a. Abbildung 5-1) folgende Berechnungen mit den zuvor eingeführten Größen durchgeführt sowie den Ergebnissen Kurzbegriffe zugeordnet.

$$\textit{Ohne Befund} = G - OB = OB \quad (1)$$

Mit Befund, differenziert in

$$\textit{Maßnahme nicht erforderlich} = K2 - K100 = K2-99 \quad (2)$$

$$\textit{Maßnahme erforderlich} = K100 \quad (3)$$

#### Darstellungsweise

Die Farben der Balken und Grafen in den Diagrammen folgen nachstehender Codierung. Die entsprechenden Werte sind immer der primären y-Achse zugeordnet. In einigen Grafiken sind ergänzend als Linien weitere Informationen mit Zuordnung zur sekundären y-Achse aufgetragen.

-  = Anzahl der Analysen mit einem Befall  $> 2$  KBE/100 ml
-  = Maßnahme erforderlich  
(Befall  $\geq 10$  KBE/100 ml)
-  = Ohne Befund
-  = Maßnahme nicht erforderlich  
( $2 \text{ KBE/100 ml} < \text{Befall} < 100 \text{ KBE/100 ml}$ )
-  = Trinkwarmwasser TWW
-  = Trinkwasser (kalt) TW

**Tabelle 1a – Bewertung der Befunde bei einer orientierenden Untersuchung\*)**

Legionellen (KBE/100 ml) <sup>1)</sup>	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung <sup>3)</sup>	Nachuntersuchung
> 10000	Extrem hohe Kontamination	Direkte Gefahrenabwehr erforderlich, (Desinfektion und Nutzungseinschränkung, z. B. Duschverbot) Sanierung erforderlich	unverzüglich	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 1000	hohe Kontamination	Sanierungserfordernis ist abhängig vom Ergebnis der weitergehenden Untersuchung	umgehend	–
≥ 100	Mittlere Kontamination	keine	innerhalb von 4 Wochen	–
< 100	keine/geringe Kontamination	keine	keine	Nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) <sup>2)</sup>

1) KBE = koloniebildende Einheit  
 2) Werden bei zwei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.  
 3) Wird die orientierende Untersuchung gleich mit einem Probenumfang durchgeführt, der dem einer weitergehenden Untersuchung entspricht, gelten die in der Tabelle 1 b angegebenen Maßnahmen direkt.

**Tabelle 1b – Bewertung der Befunde bei einer weitergehenden Untersuchung\*)**

Legionellen (KBE/100 ml) <sup>1)</sup>	Bewertung	Maßnahme	weitergehende Untersuchung	Nachuntersuchung
> 10000	Extrem hohe Kontamination	Direkte Gefahrenabwehr erforderlich, (Desinfektion und Nutzungseinschränkung, z. B. Duschverbot) Sanierung erforderlich	unverzüglich	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung
> 1000	hohe Kontamination	Kurzfristige Sanierung erforderlich	innerhalb von max. 3 Monaten	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung <sup>2)</sup>
≥ 100	Mittlere Kontamination	Mittelfristige Sanierung erforderlich	innerhalb max. 1 Jahr	1 Woche nach Desinfektion bzw. Sanierung <sup>2)</sup>
< 100	keine/nachweisbare geringe Kontamination	keine	–	Nach 1 Jahr (nach 3 Jahren) <sup>3)</sup>

1) KBE = koloniebildende Einheit  
 2) Werden bei 2 Nachuntersuchungen in vierteljährlichem Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, braucht die nächste Nachuntersuchung erst nach 1 Jahr nach der 2. Nachuntersuchung vorgenommen zu werden. Diese Nachuntersuchungen können entsprechend dem Schema der orientierenden Untersuchung (Tabelle 1a) durchgeführt werden.  
 3) Werden bei Nachuntersuchungen im jährlichen Abstand weniger als 100 Legionellen in 100 ml nachgewiesen, kann das Untersuchungsintervall auf maximal 3 Jahre ausgedehnt werden.

Abbildung 5-1: Auszug aus DVGW W 551

## Objekthistorie

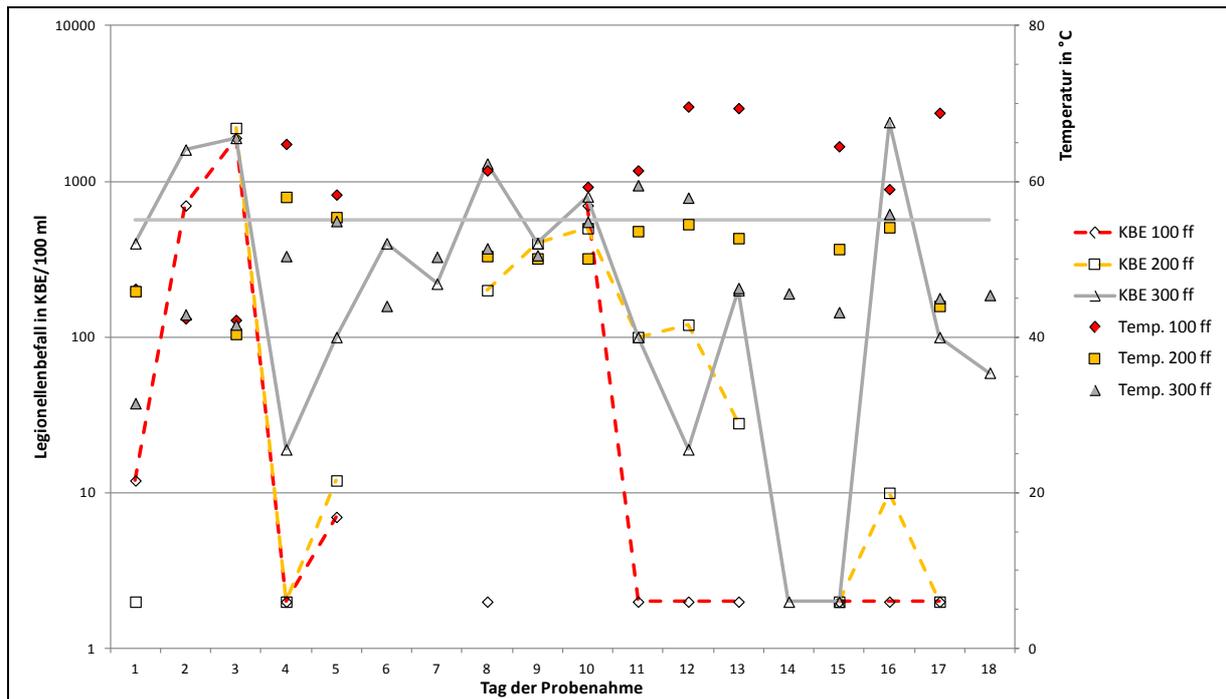


Abbildung 5-2: Objekthistorie - Beispiel für die grafische Darstellung (5676-1, Gemeinschaftsunterkunft, Ergebnisse 2002 bis 2010)

Das Vorhaben hatte sich das Ziel gesetzt, eine Methodik zur Darstellung einer Objekthistorie zu erarbeiten. Die Erläuterung der gewählten Methodik wird nachfolgend *am Beispiel der* Abbildung 5-2 vorgenommen:

1. Auf der x-Achse werden die in der Datenbank erfassten Tage der Probenahme in der zeitlichen Reihenfolge als Nummern 1 bis n aufgetragen.

*Bsp.:* 18 Probenahmetage (1- 09.10.2002, 2- 31.10.2002, 3- 26.02.2003; 4- 06.06.2003, ...18 – 08.07.2010)

2. Es erfolgt eine Sichtung der zum Objekt vorhandenen Analyseergebnisse je Probenahmetag hinsichtlich des maximalen Analyseergebnisses in Gruppen. Folgende typischen Gruppen können auftreten:

- 5 – Austritt TWE
- 6 – Zirkulation am Eintritt in den TWE
- 100 ff – Stränge TWW
- 200 ff – Stränge Zirkulation TWW
- 300 ff – Entnahmestellen TW/TWW
- 400 ff – Stränge MW
- 500 ff – Entnahme MW
- 600 ff – Stränge TW
- 700 ff – Stränge Zirkulation MW
- 999 – Zuordnung der Entnahmestelle nicht bekannt

*Bsp.:* Es gibt nur Ergebnisse für Beprobungen in Strängen TWW (100 ff), Zirkulation TWW (200 ff) und an Entnahmestellen TW/TWW (300 ff).

3. Die Auftragung der Maximalwerte je Gruppe an einem Probenahmetag erfolgt auf der logarithmisch eingeteilten primären y-Achse über Markierungen, die mittels Linien verbunden werden, sofern es an den darauffolgenden Probenahmetagen auch Analysen in dieser Gruppe gibt.

*Bsp.: Es gibt nur für die Gruppe 300 ff Ergebnisse an allen Probenahmetagen (graue Linie mit Dreiecken für Maxima). Für die Stränge TWW (rote Raute und gestrichelte Linie) gibt es nur für drei Abschnitte Ergebnisse an aufeinander folgenden Probenahmetagen (1. bis 5.; 10. bis 13. und 15. bis 17.) sowie einzelne Ergebnisse. Für die Stränge Zirkulation TWW (gelbe Vierecke und gestrichelte Linie) gibt es nur für drei Abschnitte Ergebnisse an aufeinander folgenden Probenahmetagen (3. bis 5.; 8. bis 13. und 15. bis 17.) sowie einzelne Ergebnisse.*

4. Der sekundären y-Achse ist die zum maximalen Legionellenbefund gehörende Temperatur zugeordnet, die jeweils nur als Markierung dargestellt werden. Da die Skalierungen stark variieren, ist als Hilfslinie die minimal zulässige Temperatur TWW nach DVGW W 551 von 55 °C eingetragen.

*Bsp.: Am 4. Probenahmetag gehören folgende Temperaturen zu den maximalen Befunden an Legionella sp.: 100 ff – 65 °C; 200 ff – 58 °C; 300 ff 50 °C.*

Für die Interpretation des Beispiels in Abbildung 5-2 ergibt sich:

- Das Objekt ist durch extrem niedrige Temperaturen in den Verteilsträngen TWW und in der Zirkulation kontaminiert, die sich jedoch am 1. Probenahmetag zunächst nur als dezentrale Kontamination äußert.
- Am 2. Probenahmetag wurde auf eine Probenahme in der Zirkulation verzichtet. Die Temperatur in den Strängen TWW und an der Entnahmestelle sind mit ca. 43 °C extrem niedrig und das System wird trotz der Befunde (700 bzw. 1600 KBE/100 ml) bis zur Probenahme 3 (immerhin für 4 Monate) weiter bei den extrem niedrigen Temperaturen betrieben.
- Folgerichtig werden am 3. Probenahmetag bis zu 1900 KBE/100 ml analysiert. Erst danach erfolgt eine signifikante Anhebung des Temperaturniveaus in den Strängen TWW und Zirkulation.
- Offenkundig sind im TWW-Strang nunmehr langfristig bis zu 70 °C erforderlich, um die Legionellenbefunde im Bereich des technischen Maßnahmewertes zu halten.
- Eine Erweiterung des Analyseumfangs ist im gesamten Zeitraum der 18 Probenahmetage nicht zu verzeichnen. Im Gegenteil werden punktuell gerade die Strang-Probenahmestellen in den *Gruppen 100 ff* und *200 ff* nicht erfasst. Beprobungsstellen am Austritt TWE und am Eintritt der Zirkulation in den TWE existieren nicht. Insofern kann nicht mit Bestimmtheit gesagt werden, ob es sich um eine zentrale oder teilzentrale Kontamination handelt. Diese wird jedoch in jedem Fall dezentral verstärkt, da im Bereich der Entnahmestellen an vielen Probenahmetagen nur 40 bis 45 °C gemessen worden sind.
- Es wird deutlich, dass in der Praxis eine Wertung offenkundig allein anhand des maximalen Legionellen-Befundes erfolgt und die Temperatur kaum, ggf. auch erst nach Jahren zur Beurteilung herangezogen wird. Insofern hat sich in dem Beispielsystem eine teilzentrale Kontamination etabliert, die offenkundig nur durch sehr hohe TWW-Temperaturen unterhalb des technischen Maßnahmewertes gehalten werden kann.

## 5.2 Unterscheidung Trinkwasser (kalt) TW und Trinkwarmwasser TWW

Die allgemeine Beurteilung der Datenlieferung arbeitet heraus, dass 14,5 % (12.137 DS) der verwendbaren und bedingt verwendbaren Datensätze Eintragungen zur Temperatur der Probenahme Trinkwasser (kalt)  $t_{Probe\_TW}$  und 75,3 % (62.980 DS) einen Wert für die Probenahmetemperatur Trinkwarmwasser  $t_{Probe\_TWW}$  enthalten. Es gilt zu prüfen, ob die Aufstellung von separaten Statistiken für TW und TWW erforderlich ist.

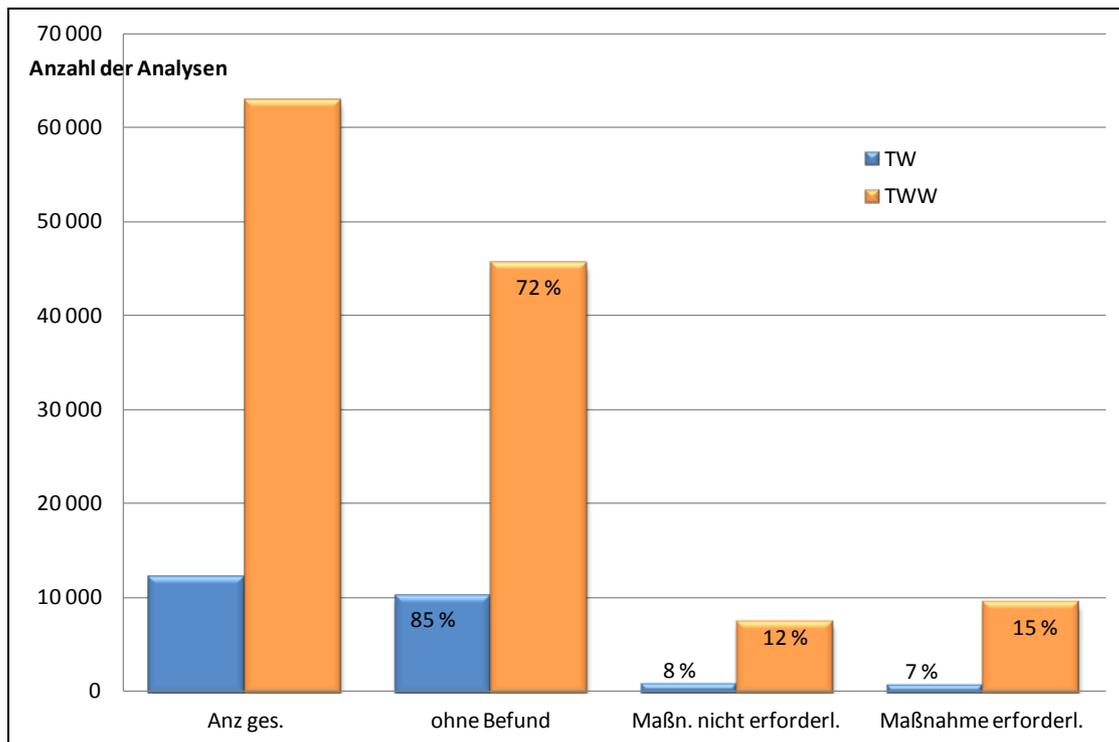


Abbildung 5-3: Statistik Legionellenbefall TW/TWW (Analysen)

Einzubeziehen waren bedingt verwendbare und verwendbare Datensätze, wobei eine Unterscheidung getroffen wurde hinsichtlich

- ohne Befund (Legionellen unterhalb der Nachweisgrenze) als auch
- positiven Legionellen-Befunden. Diese Datensätze wurde wieder unterteilt in
  - o Maßnahme nicht erforderlich ( $> 2$  KBE/100 ml bis  $< 100$  KBE/100 ml) sowie
  - o Maßnahme erforderlich ( $\geq 100$  KBE/100 ml).

Kriterium für Zuordnung in die Kategorien sind die Angaben in den Spalten mit den jeweiligen Temperatureintragen (Spalten 23 u./o. 24 der DB → Zuordnung TW bzw. eine der Spalten 28-29 → Zuordnung TWW).

Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-3 dargestellt, wobei auf der y-Achse die Anzahl der Analysen in der jeweiligen Kategorie aufgetragen wurde. Zusätzlich erfolgte die Eintragung der prozentualen Anteile in den drei Kategorien an der Gesamtzahl der Datensätze TW bzw. TWW. Die Anzahl der Analysen je Kategorie ist entsprechend der stark unter-

schiedlichen Datenbasis selbstverständlich ebenso differenziert. Insofern ist der Vergleich der Prozentanteile relevant.

- 85 % der Analysen TW ohne Befund stehen 72 % auf der TWW-Seite gegenüber.
- 8 % TW-Analysen mit positivem Befund ohne Erreichen des Maßnahmewertes stehen 12 % TWW-Analysen gegenüber.
- 7 % der Analysen TW erfordern eine Maßnahme bezüglich des Legionellenbefalls. Bei TWW sind es 15 %.

**Die Prozentanteile in den einzelnen Kategorien liegen in gleichen Größenordnungen, sodass eine Differenzierung in TW und TWW nicht als notwendig erscheint.**

Dies wird außerdem als zielführend angesehen, da die Statistik in 5-Kelvin-Bereichen für die positiven Befunde mit erforderlichen Maßnahmen (Abbildung 5-4) eine Unschärfe hinsichtlich „zu warmer“ TW-Proben bzw. „zu kalter“ TWW-Proben besitzt.

Die Ursachen sind nicht eindeutig zu identifizieren. In Betracht zu ziehen sind z. B.:

- Zuordnung in falsche Spalte
- Art der Temperaturmessung bzw. Unschärfe durch nur bedingt verwendbare Datensätze
- Mischwasser durch Fehler/defekte Bauteile in der Installation (z. B. defekte Einhebelmischer oder zentrale Mischer, Rückschlagklappen, Zwangsbeimischungen)
- Parallelverlegung TW/TWW ohne ausreichende Isolierung
- Jahreszeitliche Einflüsse

Letzterer Einfluss wurde durch jahreszeitliche Zuordnung aller TW-Analysen über 20 °C zu den meteorologischen Jahreszeiten untersucht. Tabelle 5-1 zeigt den zu erwartenden höheren Anteil in den Sommer- und Herbstmonaten.

Tabelle 5-1: Jahreszeitlicher Zusammenhang der Erwärmung des TW über 20 °C.

Jahreszeit	Gesamtanzahl der Analysen	Analysen mit Temp. > 20 °C	Prozentualer Anteil
Frühling	3.111	262	8 %
Sommer	2.998	483	16 %
Herbst	3.222	486	15 %
Winter	2.806	208	7 %

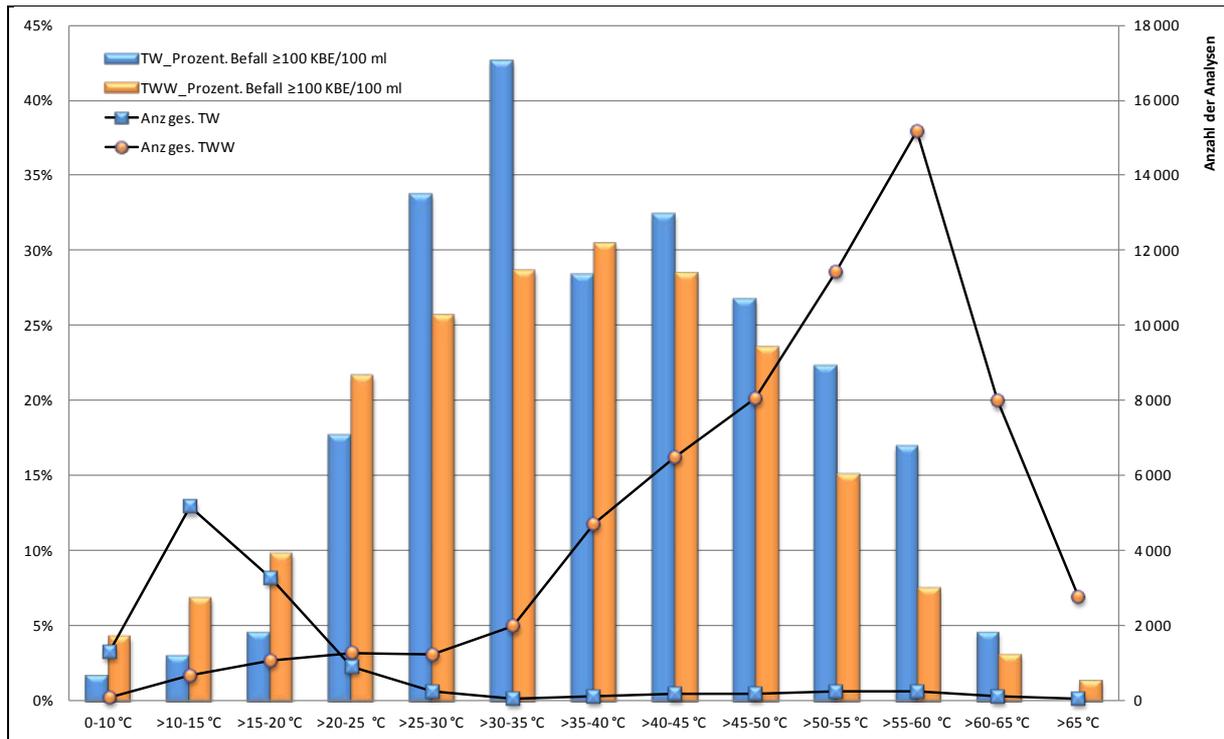


Abbildung 5-4: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml im Vergleich TW/TWW (Analysen)

Abbildung 5-4 soll hinsichtlich einiger Aspekte der in der Kategorie TW gelieferten Daten weiter diskutiert werden.

- Der prozentual stärkste Befall im Trinkwasser (kalt) TW liegt im Temperaturbereich von 25 °C bis 35 °C vor, aber es gibt in diesem Bereich auch nur sehr wenige Analysen (0,39 % aller Analysen).
- Die Richtigkeit der Zuordnung der meisten Beprobungsergebnisse in die richtige Kategorie ist durch den Fakt belegt, dass der Hauptteil der TW-Proben im Bereich 0-25 °C vorliegt (10.657 = 87,8 % aller TW-Analysen).
- Bemerkenswert ist, dass im Temperaturbereich von 15-20 °C fast 5 % der Analysen einen Befall  $\geq 100$  KBE/100 ml aufweisen. Insofern besteht Handlungsbedarf im Bereich TW der TWI, da *Legionella* sp. aus dem Bereich TW unter den im TWW-Bereich günstigeren Wachstumsbedingungen eine Vermehrung erfahren. Dieser Fakt wurde exemplarisch für ausgewählte Objekte an jeweils einem Probensertag durch eine spezielle Abfrage belegt.

## 5.3 Legionellenbefunde nach Temperaturbereichen

### 5.3.1 Auswertung in 5-Kelvin-Bereichen

Den bisherigen Methoden folgend, wird im ersten Schritt eine Auswertung der verwendbaren Analyse-Datensätze in 5-Kelvin-Bereichen der Probenahmetemperatur durchgeführt.

Abbildung 5-5 zeigt die Gesamtstatistik. Das lokale Maximum in der Gruppe >10 bis 15 °C spiegelt den regulären Betrieb der Trinkwasserseite, das globale Maximum für den Temperatur-Bereich > 55 bis 60 °C den regelkonformen Betrieb der TWW-Installation wider.

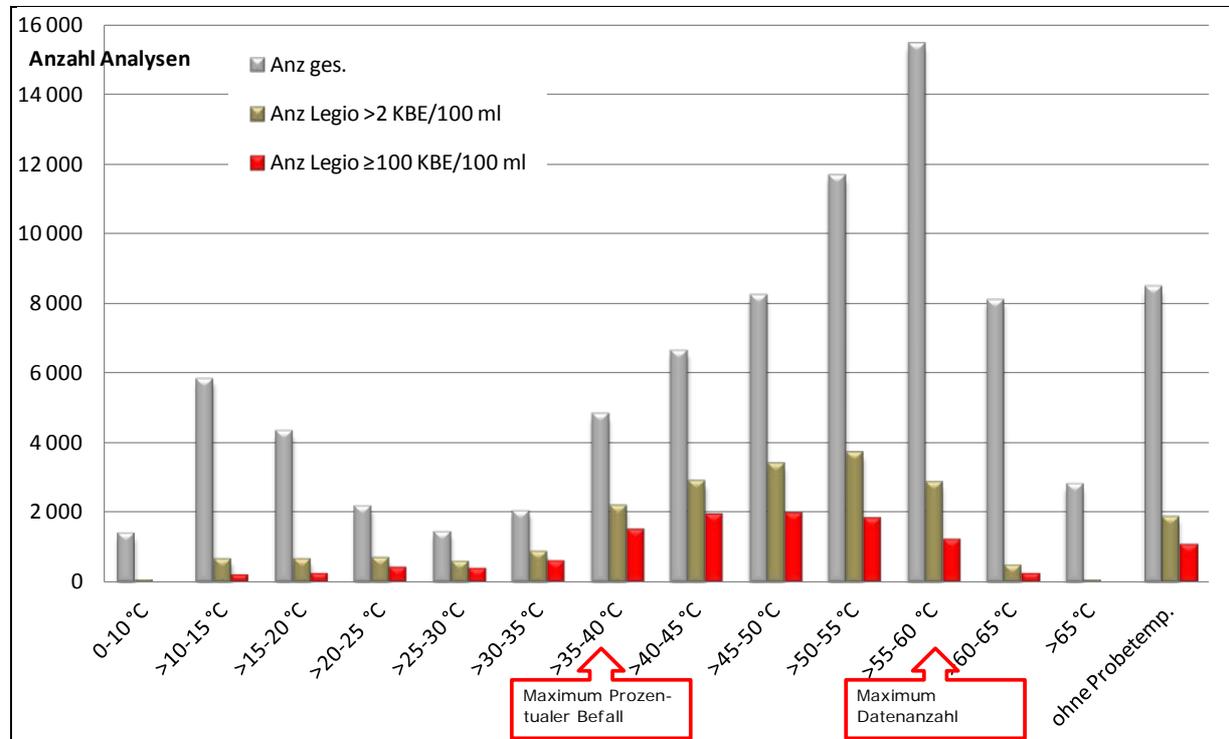


Abbildung 5-5: Gesamtstatistik nach 5-K-Temperaturbereichen (Analysen) mit Eintragung des Maximums an positiven Befunden in Abbildung 5-6

Erkenntnisse hinsichtlich des Handlungsbedarfs in den 5-K-Gruppen ergeben sich jedoch erst nach Überlagerung mit Abbildung 5-6, die prozentuale Anteile für die Analysen mit einem positiven Befund darstellt. Die roten Balken (*Maßnahme erforderlich*) weisen in der Gruppe > 35 bis 40 °C ein flaches Maximum auf, das erwartungsgemäß entsprechend der nach [Exner09] im High-Risk-Bereich von 30 bis 45 °C nur schwach absinkt.

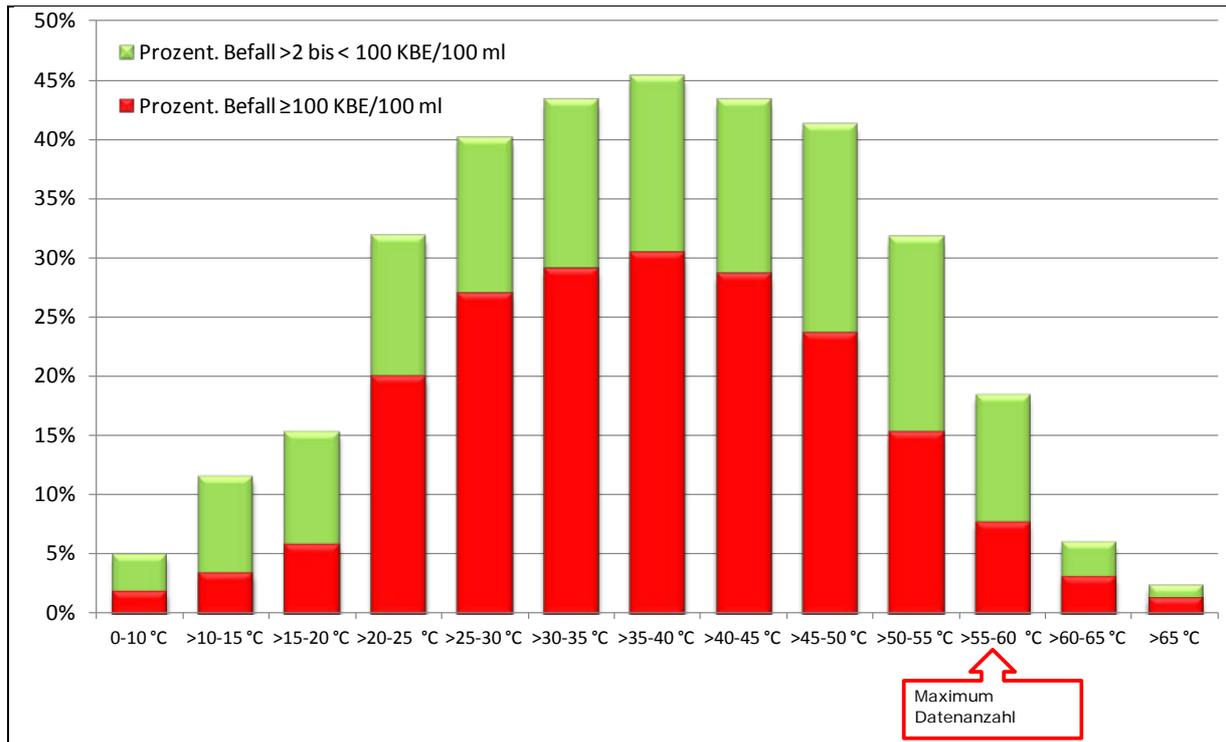


Abbildung 5-6: Prozentualer Legionellenbefall in 5-K-Temperaturbereichen (Analysen)

Generell folgt die Abbildung 5-6 sehr gut der Hüllkurve des Legionellenwachstums in Abbildung 1-1, die einen signifikanten Anstieg der Wahrscheinlichkeit des Legionellenwachstums bereits ab ca. 20 °C sowie einen steileren Abfall ab 45 °C darstellt.

Folgerichtig sind die höchsten Anteile von pos. Befunden mit Maßnahmen im Temperaturbereich von 25 °C bis 50 °C anzutreffen (23 bis 31 % der Befunde über dem Maßnahmewert von  $\geq 100$  KBE /100 ml).

Aus Abbildung 1-1 ist auch die Tatsache erklärbar, dass der derzeit für Trinkwasser (kalt) als zulässig betrachtete Bereich von >20-25 °C stärker betroffen ist als der derzeit nicht zulässige Trinkwarmwasser-Bereich >50-55 °C.

Eine in der Praxis häufig angewendete Methode zur Ableitung der Prioritäten für einzuleitende Maßnahmen ist die Anwendung des PARETO-Prinzips.

*„Die PARETO-Verteilung beschreibt das statistische Phänomen, wenn eine kleine Anzahl von hohen Werten einer Wertemenge mehr zu deren Gesamtwert beiträgt als die hohe Anzahl der kleinen Werte dieser Menge.“ [wiki]*

Abbildung 5-7 verdeutlicht das Vorgehen grafisch. Zunächst werden die Werte für den prozentualen Anteil von Proben mit Überschreitung des Maßnahmewertes in den 5-K-Bereichen absteigend geordnet. Auf einer zweiten Achse wird die kumulierte, auf 100 % normierte Summenkurve dargestellt. Die theoretische Ableitung und die praktische Anwendung der PARETO-Verteilung zeigt, dass der größte Effekt erreicht wird, wenn die Aktivitäten sich darauf stützen, Lösungen für die Felder zu finden, die links des Schnittpunktes der Horizontalen 80 % Anteil an PARETO mit der Summenkurve angeordnet sind. Nachrangig sind im vorliegenden Fall die im gelb hinterlegten Bereich platzierten 5-K-Bereiche.

Dies unterstreicht die Priorität der Vermeidung langer Verweilzeiten im Bereich von > 25 bis 50 °C und lenkt das Augenmerk auf die Vermeidung des Temperaturbereichs von > 20 bis 25 °C vor dem Bereich > 50 bis 55 °C.

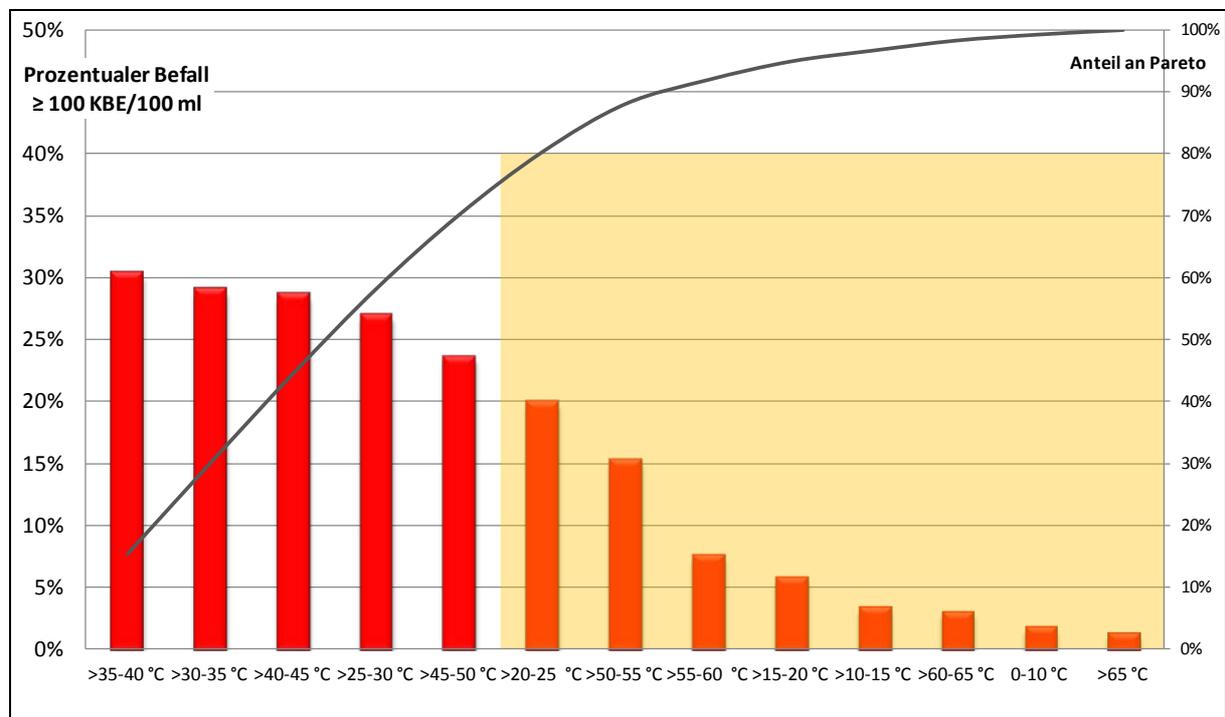


Abbildung 5-7: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml, Paretodiagramm über 5-K-Temperaturbereiche (Analysen)

### 5.3.2 Statistik der Legionellenbefunde nach Maßnahmentiefe gemäß DVGW W 551

Je nach Höhe des positiven Befundes der Untersuchung auf *Legionella* sp. mittels der heute üblichen Kulturverfahren unterscheiden sich die nach DVGW W 551 erforderlichen Maßnahmentiefen für orientierende und weitergehende Untersuchungen (s. a. Abbildung 5-1) für die nachstehenden vier Gruppen:

- 1 KBE > 2 bis 99 KBE/100 ml
- 2 KBE  $\geq 100$  bis 1 000 KBE/100 ml
- 3 KBE > 1 000 bis 10 000 KBE/100 ml
- 4 KBE > 10 000 KBE/100 ml

Insofern sind in Abbildung 5-8 die prozentualen Anteile der vorgenannten Gruppen an der Gesamtzahl der verwendbaren Datensätze im jeweiligen 5-Kelvin-Bereich dargestellt. Unterhalb von 25 °C und oberhalb von 45 °C dominieren die K2-99-Befunde. Bei Betrachtung der Abbildung 5-9, die auf alle K2-Befunde normiert wurde zeigt sich, dass bis zu 71 % der K2-Befunde auf den Bereich KBE > 2 bis 99 KBE/100 ml entfallen.

In Abbildung 5-9 ist visualisiert, dass die Schwankungsbreite für die Analysen in der Gruppe 2 (KBE  $\geq 100$  bis 1000 KBE/100 ml) bei prozentualer Betrachtung der Anteile an allen K2-Befunden relativ gering ausfällt. Das Maximum für die Gruppen 3 und 4 mit je-

weils deutlicher Überschreitung des technischen Maßnahmewertes liegt im 5-K-Bereich > 35 bis 40 °C. Beide Gruppen sind wiederum im zulässigen Bereich > 20 bis 25 °C deutlich höher als im derzeit nicht zulässigen Bereich von > 50 bis 55 °C.

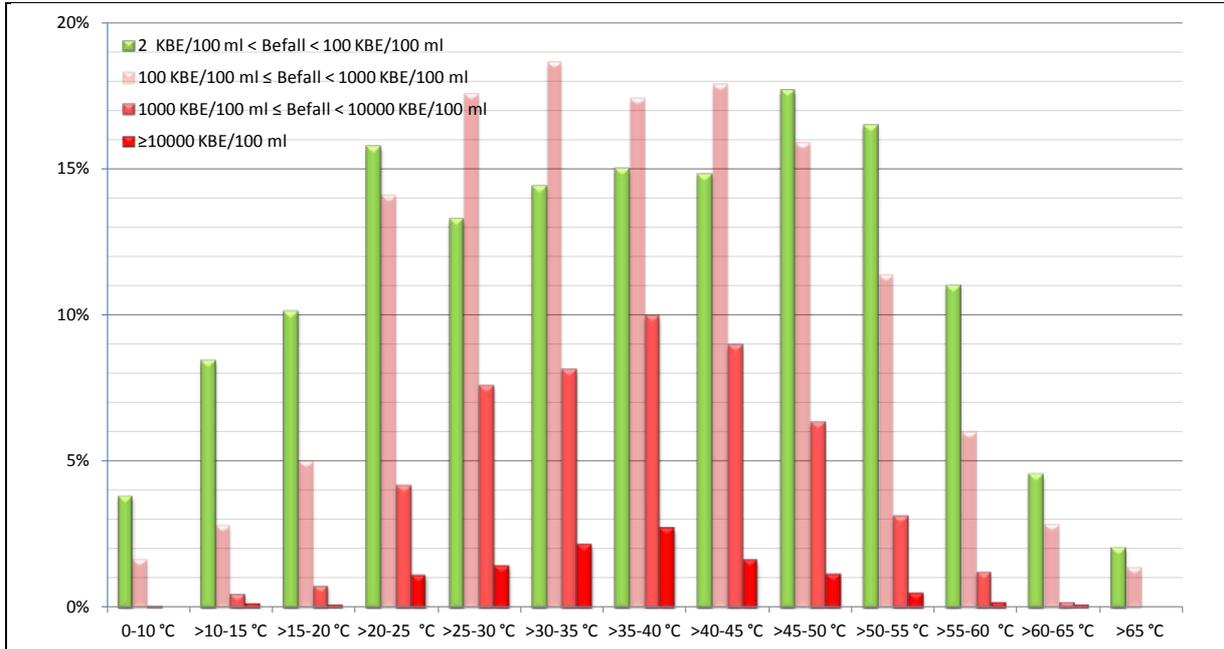


Abbildung 5-8: Klassifizierter prozentualer Legionellenbefall der positiven Befunde *Legionella* sp. nach DVGW W 551 Maßnahmentiefe (Anteil an allen Analysen im 5-K-Bereich)

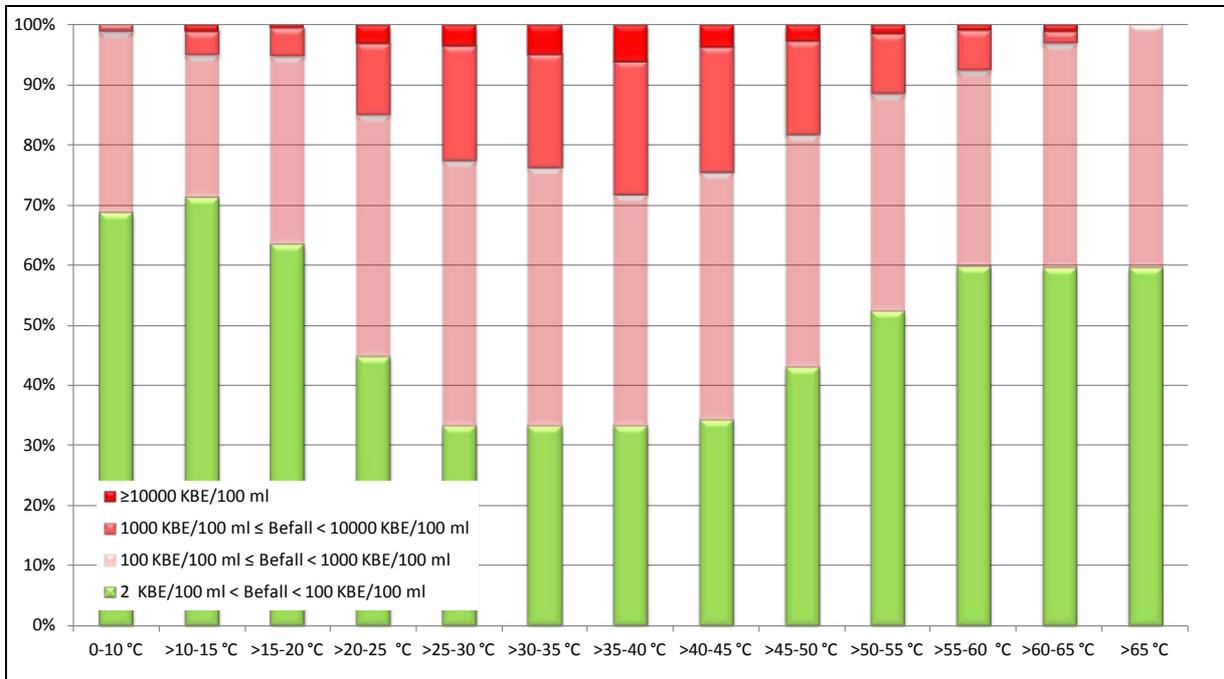


Abbildung 5-9: Je 5-K-Bereiche auf 100 % normierte Aufteilung der positiven Befunde *Legionella* sp. nach DVGW W 551 Maßnahmentiefe (Anteil an K2-Analysen im 5-K-Bereich)

### 5.3.3 Potential für Absenkung des Temperaturniveaus

Eine zentrale Fragestellung des Forschungsthemas bestand in der Prüfung der Zulässigkeit der Absenkung des jetzigen Temperaturniveaus in der Trinkwarmwasser-Installation um bis zu 5 K, was bei grober Herangehensweise einem Verschieben vom 5-K-Bereich > 55 bis 60 °C in den von > 50 bis 55 °C entsprechen würde. Die Beantwortung dieser Frage erfordert eine Auswertung von Analysen aus orientierenden Untersuchungen, die nicht durch grobe Mängel in der Betriebsführung und Technik beeinflusst sein dürfen.

Insofern kann die vorliegende Datenbank, die eine Vielzahl von weiterführenden Untersuchungen enthält, das Potential nicht vollumfänglich offenlegen. Trotzdem soll eine systematische Bearbeitung erfolgen. Ein unter diesen widrigen Randbedingungen gefundenes Minderungspotential für die Betriebstemperaturen TWW kann als umfänglich abgesichert gelten. Dieses kann durch gezielte Untersuchungen an nach a. a. R. d. T. gebauten und betriebenen Anlagen entsprechend erweitert werden kann.

Eine begründet Aussage erfordert die Betrachtung des Temperaturbandes von > 45 bis 60 °C, differenziert in 1-Kelvin-Bereiche. Je 1-K-Bereich liegen der Auswertung zwischen 2000 und 3300 Analysen-Datensätze zu Grunde.

Sowohl die Auswertung aller Analysen-Datensätze (Abbildung 5-10) als auch die Auswertung nach TWE-Anlagen (Abbildung 5-11) weist einen nahezu stetigen Abfall des prozentualen Anteils der Befunde mit Überschreitung des technischen Maßnahmewertes aus.

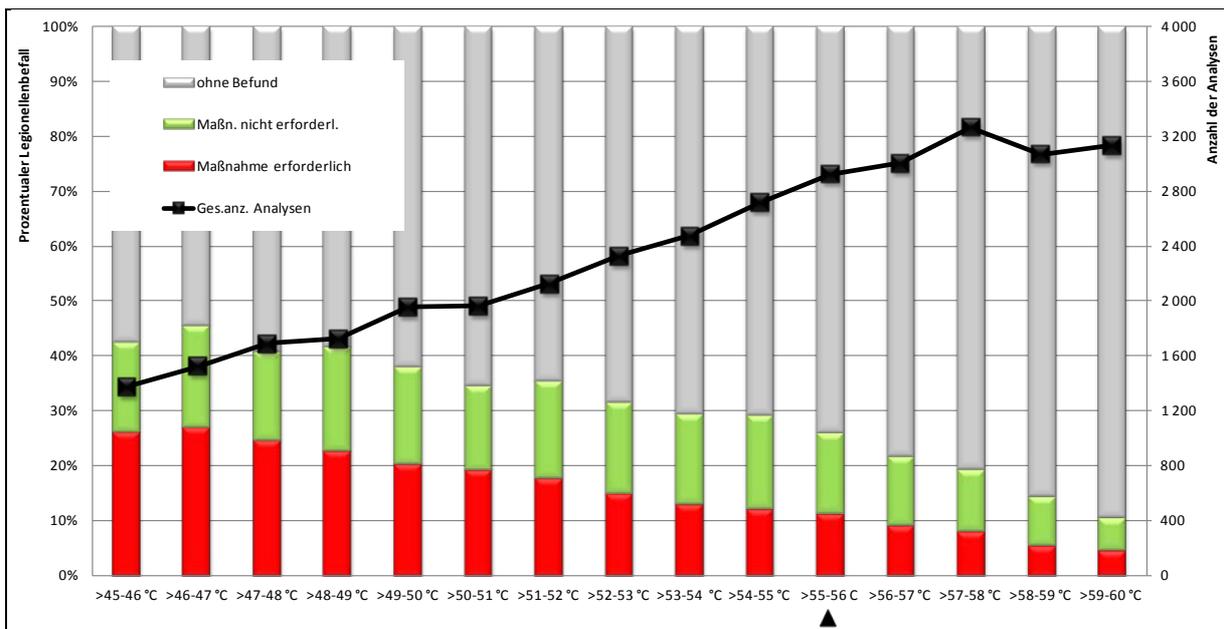


Abbildung 5-10: Legionellenbefall im Temperaturbereich >45-60 °C (Analysen)

Nach den jetzt gültigen Werten der DVGW W 551 wäre das Cluster > 55 bis 56 °C (minimale Temperatur der Zirkulation) Vergleichsmaßstab für die Entscheidungsfindung, die sich wie folgt darstellt:

- Bei der Auswertung nach Analysen (Abbildung 5-10) steigt der Prozentsatz der Analysen mit Überschreitung des technischen Maßnahmewertes in den Clustern > 54 bis 55 °C und > 53 bis 54 °C nur geringfügig (ca. 1 % je 1 K) an.
- Bei der Auswertung nach Anlagen (Abbildung 5-11) kann der Anteil der TWE-Anlagen, bei denen infolge Überschreitung des technischen Maßnahmewertes an

mindestens einer Entnahmestelle Aktivitäten erfordern, in den Clustern > 54 bis 55 °C und > 53 bis 54 °C als konstant gelten (+ 0,28 %; - 0,23 %).

Es kann mithin konstatiert werden, dass für das bereits vorliegende Datenmaterial eine Absenkung um 2 K als hygienisch abgesichert gelten kann, obwohl hier nicht nur orientierende sondern auch weiterführende Untersuchungen zur Auswertung herangezogen wurden.

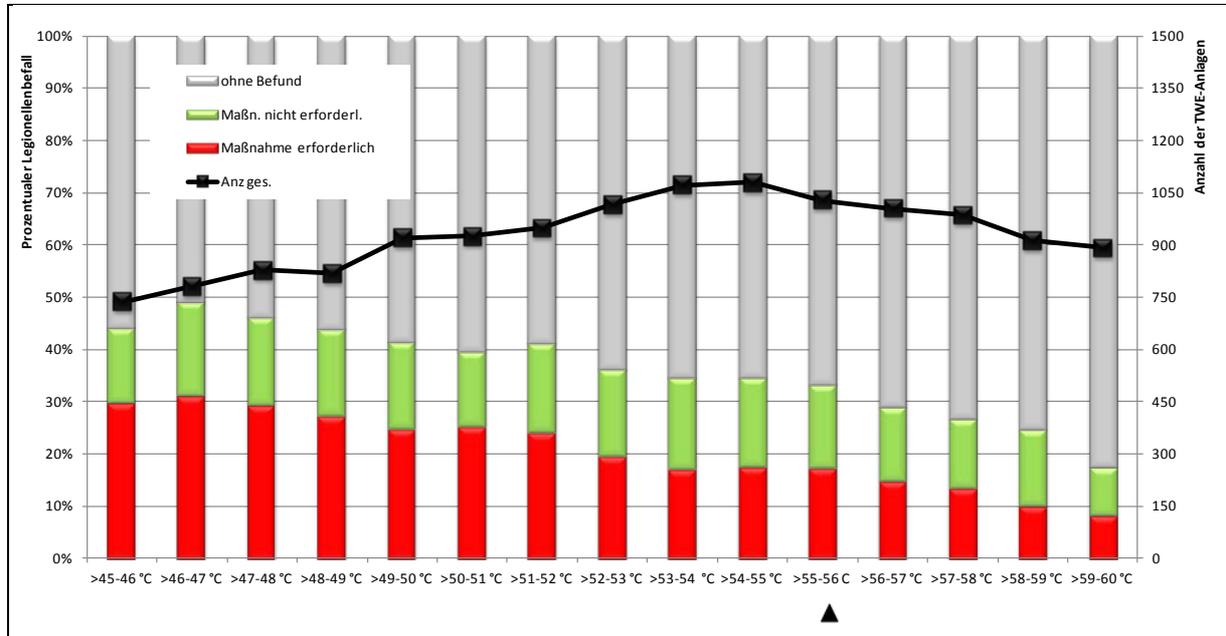


Abbildung 5-11: Legionellenbefall im Temperaturbereich >45-60 °C (TWE-Anlagen)

Zur Absicherung für die jeweils speziellen Temperaturgrenzen im zentralen und teilzentralen Bereich wurden weitere differenzierte Auswertungen vorgenommen, die nachfolgend kurz hinsichtlich der Analysen, die Maßnahmen erfordern gewertet werden.

- Austritt Trinkwasser-Erwärmung (Abbildung 5-12)  
Jetzige Forderung  $\geq 60$  °C; Bezogen auf 2,5 % für Cluster >59 bis 60 °C bis zum Bereich >54 bis 55 °C Streuungsbreite (+ 1,5 %; - 1,0 %).
- Eintritt der Zirkulation in TWE (Abbildung 5-13)  
Jetzige Forderung  $\geq 55$  °C; Bezogen auf 7,2 % für Cluster >55 bis 56 °C bis zum Bereich >53 bis 54 °C leichtes Absinken (um bis zu - 2,2 %).
- Strang TWW (Abbildung 5-14)  
Jetzige Forderung  $\geq 60$  °C; Bezogen auf 6,8 % für Cluster >59 bis 60 °C bis zum Bereich >57 bis 58 °C leichter Anstieg (+ 2,1 %).
- Strang Zirkulation (Abbildung 5-15)  
Jetzige Forderung  $\geq 55$  °C; Bezogen auf 9,3 % für Cluster >55 bis 56 °C bis zum Bereich >53 bis 55 °C Streuungsbreite (+ 0,9 %; - 5,1 %).

- Entnahme TW/TWW (Abbildung 5-16)  
 Bezogen auf 12,6 % für Cluster >55 bis 56 °C; Anstieg um 3 %, jedoch relativ konstante Werte (15 %) bis zum Bereich >52 bis 53 °C.
- Entnahme MW (Abbildung 5-17)  
 Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Datensätze ist für eine weitere Interpretation zu gering.

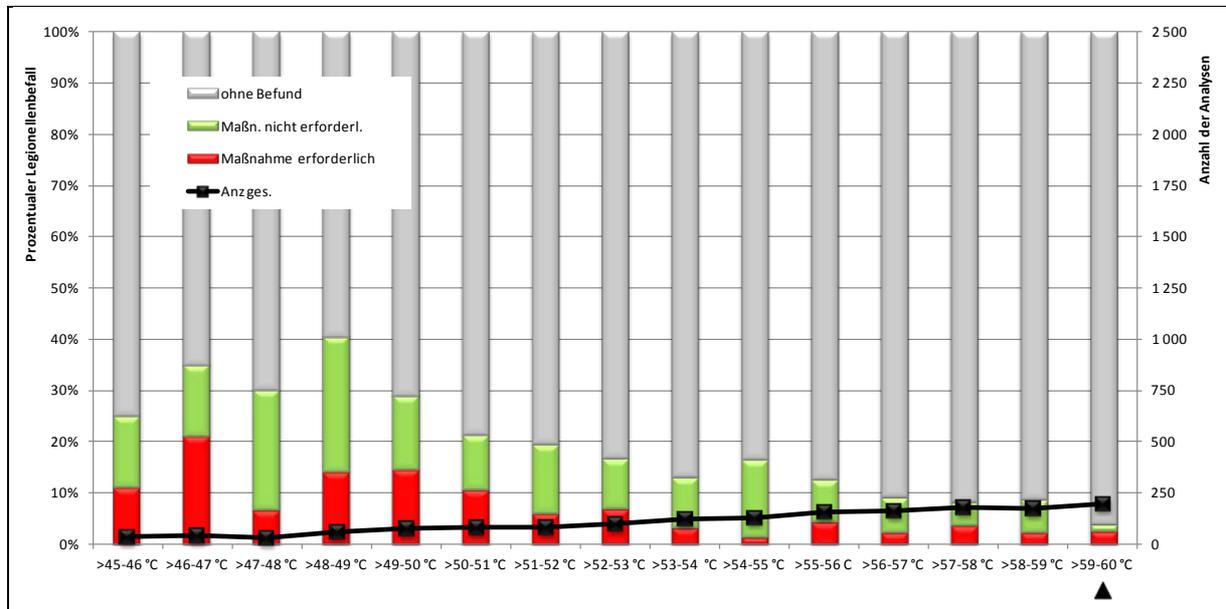


Abbildung 5-12: Legionellenbefall im Temperaturbereich > 45 – 60 °C am Austritt TWE (Analysen)

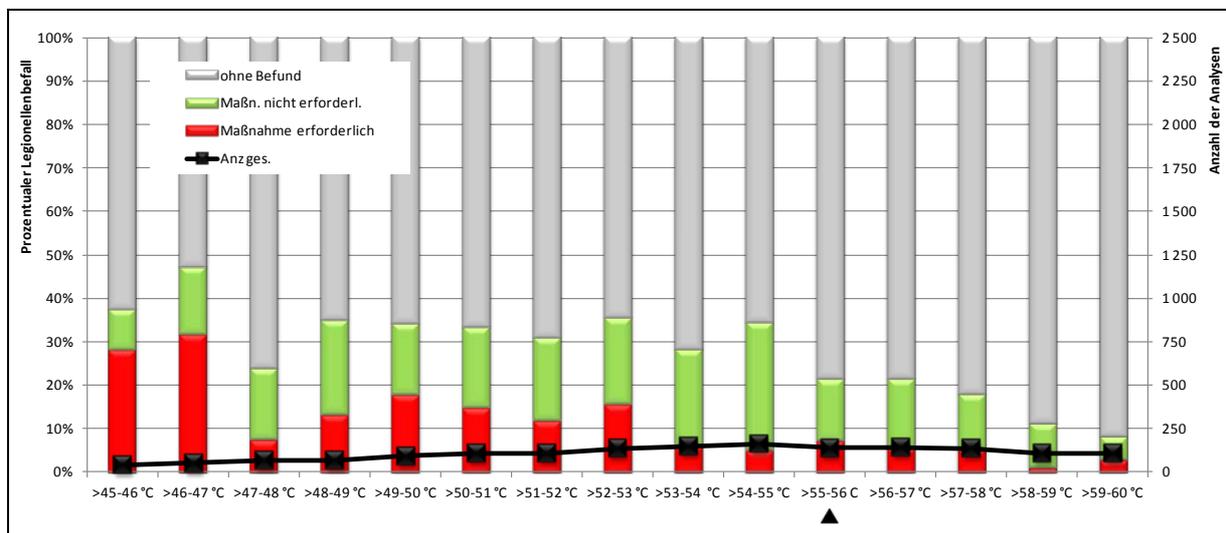


Abbildung 5-13: Legionellenbefall im Temperaturbereich > 45 – 60 °C an Zirkulation Eintritt TWE (Analysen)

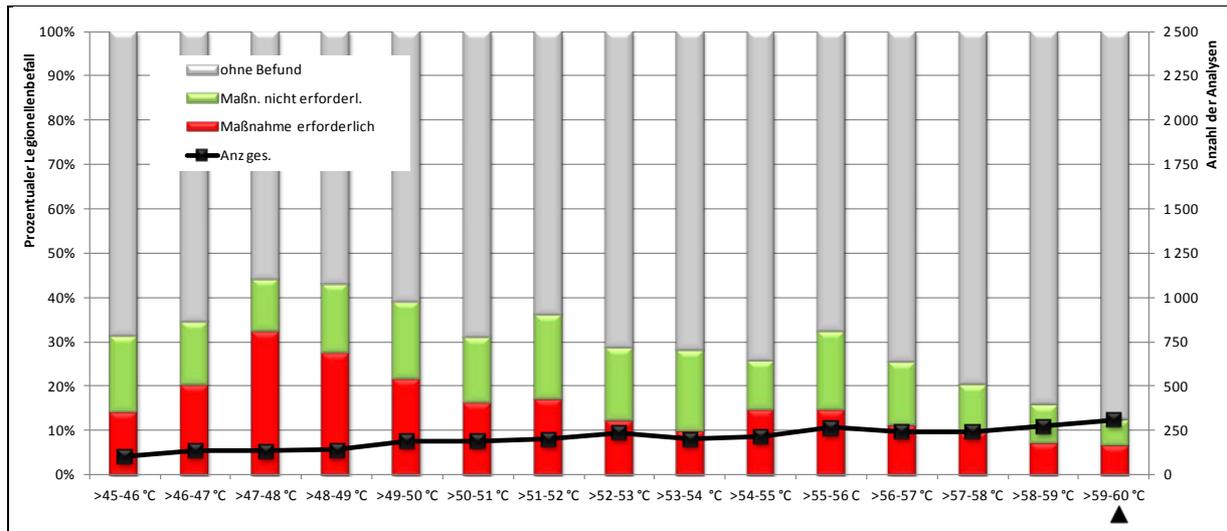


Abbildung 5-14: Legionellenbefall im Temperaturbereich > 45 – 60 °C am Strang TWW (Analysen)

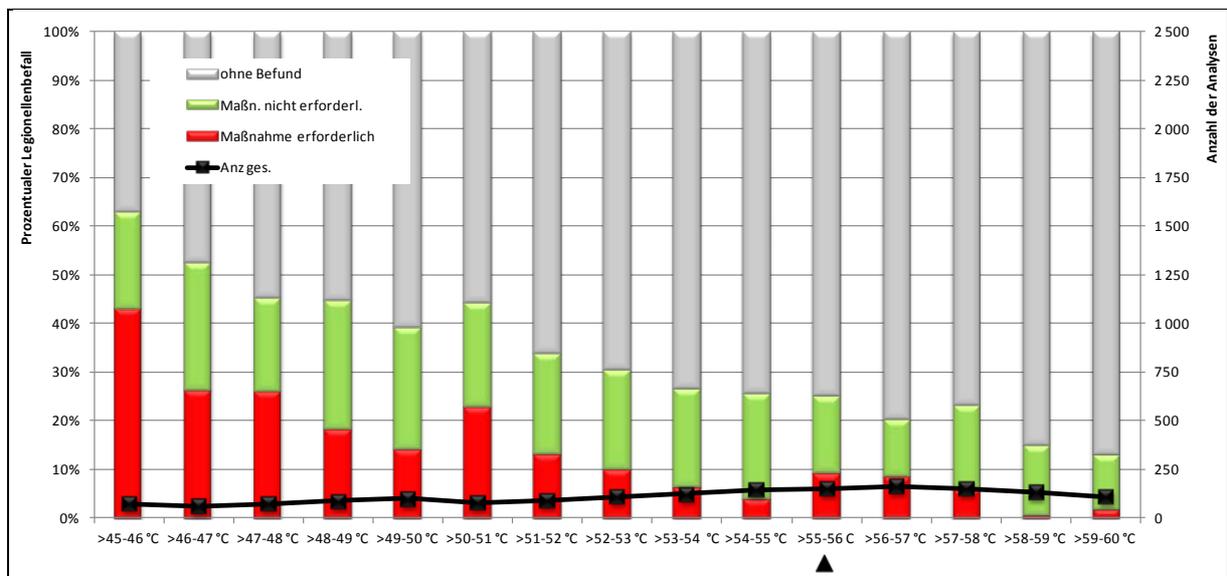


Abbildung 5-15: Legionellenbefall im Temperaturbereich > 45 – 60 °C am Strang Zirkulation TWW (Analysen)

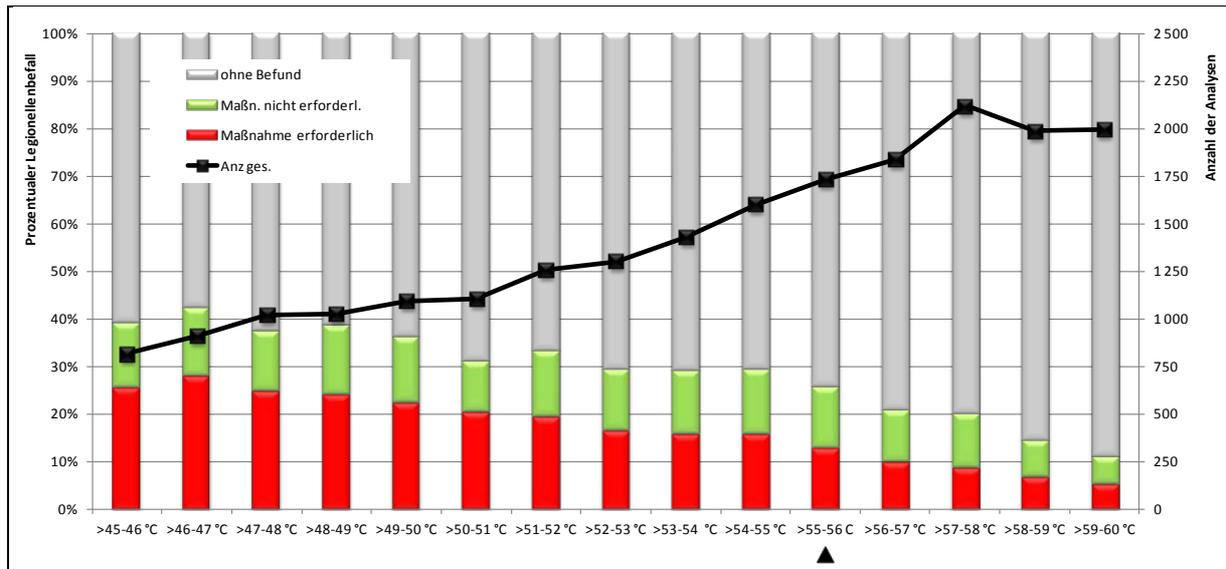


Abbildung 5-16: Legionellenbefall im Temperaturbereich > 45 – 60 °C an Entnahme TW/TWW (Analysen)

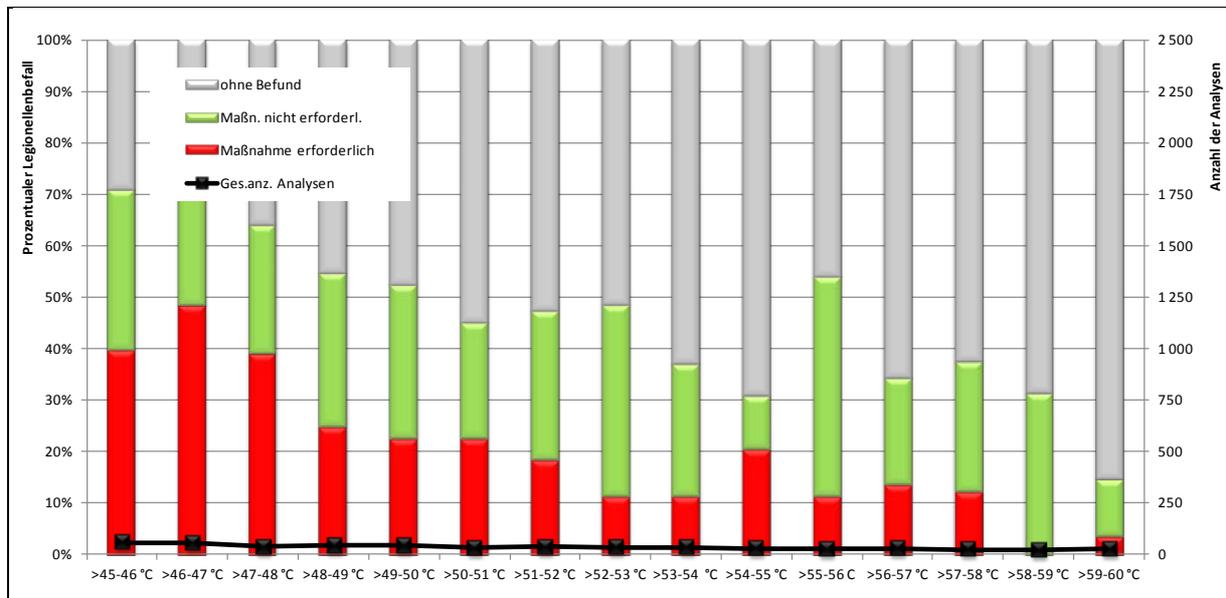


Abbildung 5-17: Legionellenbefall im Temperaturbereich > 45 – 60 °C an Entnahme MW (Analysen)

## 6 Auswertung nach weiteren Charakteristika

### 6.1 Einfluss der Objektcharakteristik

#### 6.1.1 Allgemeine Statistik G, K2-99, K100

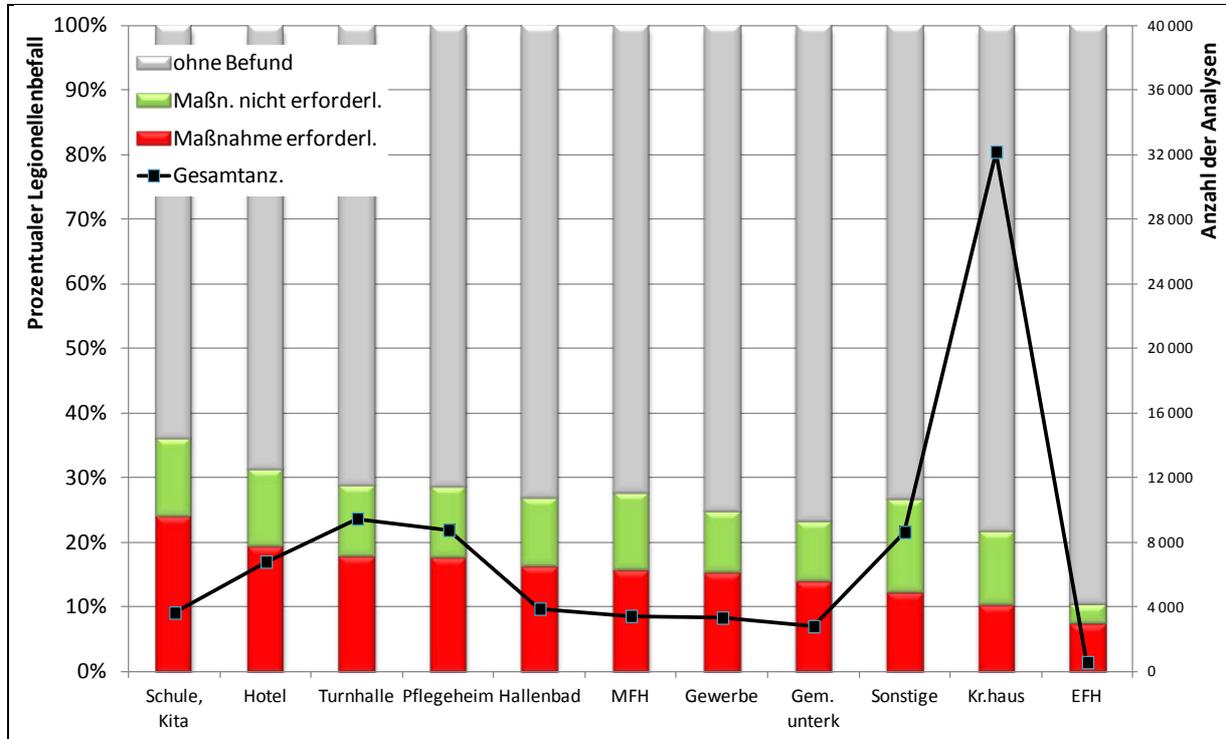


Abbildung 6-1: Prozentualer Legionellenbefall nach Objektarten (Analysen) sortiert nach K100

Der Parameter O\_Char wird zur Beurteilung grundsätzlicher Aspekte hinsichtlich der Objektart genutzt. Eine detaillierte Betrachtung ist dabei für die Objekte „8 - Freibäder“, „9 – Arztpraxis“, „13 – Gaststätten“ und „14 - Campingplätze“ (zu geringe Anzahl von Analyse-Datensätzen) nicht sinnvoll. Abbildung 6-1 zeigt die allgemeine Statistik der 11 relevanten Objektarten bei Auswertung der Analysen-Datensätze; Abbildung 6-2 die Ergebnisse der Datenbankabfrage nach TWE-Anlagen. Auf den sekundären y-Achsen sind jeweils die Anzahl der Datensätze bzw. die Anzahl der TWE-Anlagen in der betreffenden Objektart dargestellt. Folgerungen abgeleitet aus der Statistik nach Datensätzen sind nur begrenzt aussagefähig. Wichtiger ist eine Differenzierung nach den einzelnen TWE-Anlagen, da sich Maßnahmen jeweils auf die gesamte TWE-Anlage beziehen.

Aus der vergleichenden Betrachtung beider Grafiken ergibt sich:

#### 1. Arithmetische Mittelwerte aller Objektarten

	Nach DS	nach TWE-Anlagen
o ohne Befund	73,4 %	62,2 %
o Maßnahme nicht erforderlich K2-99	10,6 %	11,6 %
o Maßnahme erforderlich K100	15,4 %	26,2 %

Es wird deutlich, dass zwar nur ca. 15 % aller Datensätze Maßnahmen erfordern, jedoch für mehr als jede 4. TWE-Anlage eine Überschreitung des technischen Maßnahmewertes vorliegt.

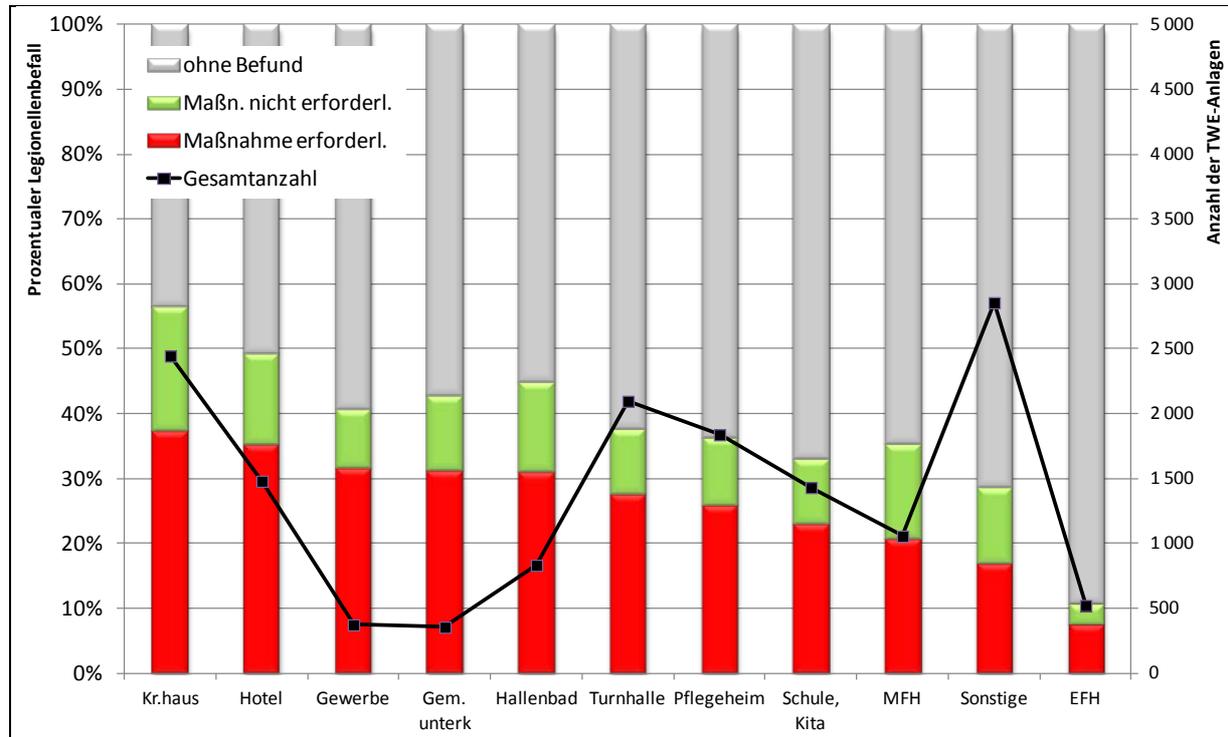


Abbildung 6-2: Prozentualer Legionellenbefall nach Objektarten (TWE-Anlagen) sortiert nach K100

## 2. Einordnung der Objektart „Sonstige“

Die Statistik dieser Objektart zeigt im Gesamtvergleich einen durchschnittlichen bzw. leicht überdurchschnittlichen Anteil an Datensätzen (73,2%) und TWE-Anlagen (71,3%) ohne Befund sowie einen geringen Anteil an K100-Befunden. Erhöht ist der prozentuale Anteil der Datensätze K2-99 mit 14,6 % positiven Befunden, wobei bei Auswertung nach TWE-Anlagen der Durchschnittswert vorliegt. Eine Integration in die Gesamtstatistik ist mithin gerechtfertigt.

## 3. Reihung nach K100-Befunden

Die Objekte sind in beiden Grafiken geordnet nach der Höhe des prozentualen Anteils der K100-Befunde. Nach Datensätzen liegt der prozentuale Befall K100 im Bereich von 8 bis 24 %, nach TWE-Anlagen mit 8 bis 37 % jedoch in einem deutlich größeren Bereich.

Die 8 % treffen jeweils für EFH zu, bei denen zum überwiegenden Anteil nur eine Probe je TWE-Anlage an einem Probenahmetag entnommen wurde.

Signifikant ist die Veränderung bei den Krankenhäusern, die nach Datensätzen nur an 10. Stelle, jedoch nach TWE-Anlagen an erster Stelle zu finden sind. Das heißt, auch wenn prozentual scheinbar nur wenige Analysen (10 %) in den Krankenhäusern Maßnahmen erfordern, so zeigt Abbildung 6-2, dass sehr viele TWE-

Anlagen (37 %) in KH an mindestens einem Probenahmetag positive Legionellenbefunde aufweisen, die Maßnahmen erfordern.

### 6.1.2 Statistik der K100-Anteile in 5-Kelvin-Bereichen (Analysen)

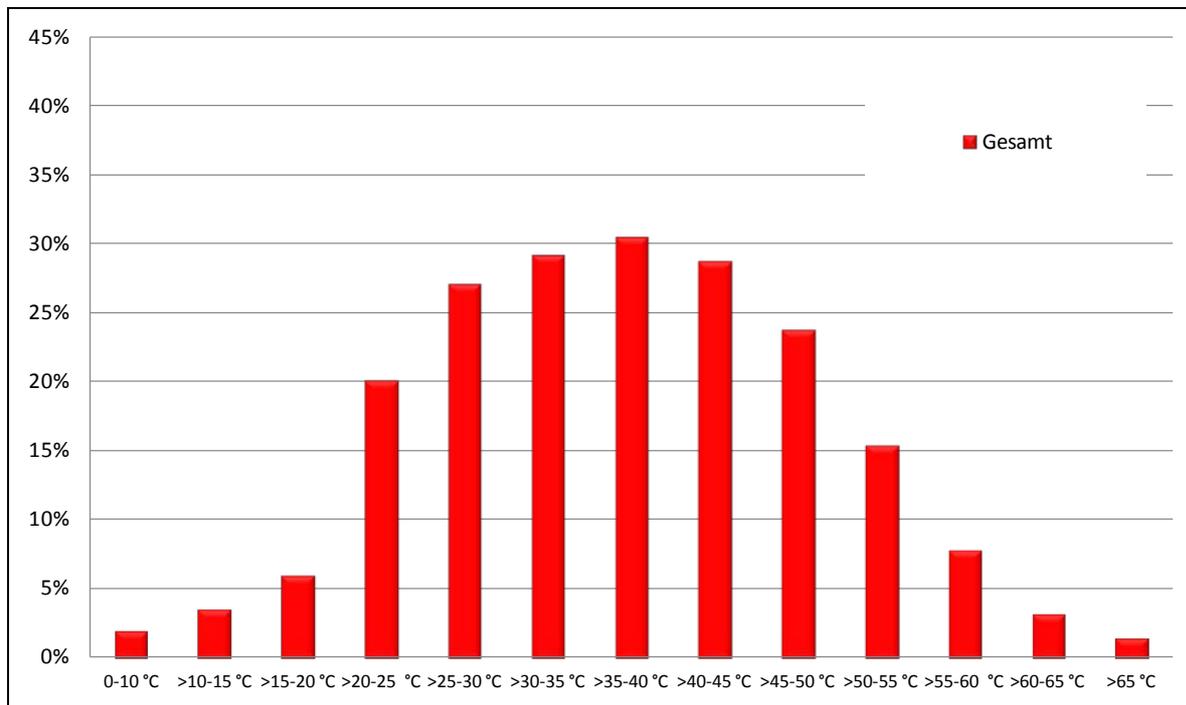


Abbildung 6-3: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml in 5-K-Temperaturbereichen – alle Objektarten (Analysen)

Im Folgenden soll die im Abschnitt 5.3.1 erarbeitete allgemeine Statistik in 5-Kelvin-Bereichen mit der ausgewählter Objektarten verglichen werden. Als Vergleichsbasis werden die durchschnittlichen prozentualen Anteile aller verwendbaren Datensätze (siehe Abbildung 6-3 bzw. K100-Balken in Abbildung 5-6) gewählt. In den nachfolgenden Grafiken wird zum Vergleich ein Graf eingetragen, dessen Markierungen dem prozentualen K100-Legionellenbefall der einzelnen Objektarten entsprechen. Dies ermöglicht die differenzierte Herausarbeitung von Besonderheiten einzelner Objektarten.

Die *Sonstigen Objekte* (Abbildung 6-4) folgen grundsätzlich dem Verlauf der Gesamtstatistik und liegen überwiegend leicht unter den statistischen Mittelwerten über alle Objekte. Der Temperaturbereich  $>35-45$  °C (Kreis) liegt deutlich darunter, der Bereich 0 bis 10 °C etwas darüber. Dies sichert erneut das Verbleiben der *Sonstigen Objekte* in den folgenden Auswertungen statistisch ab.

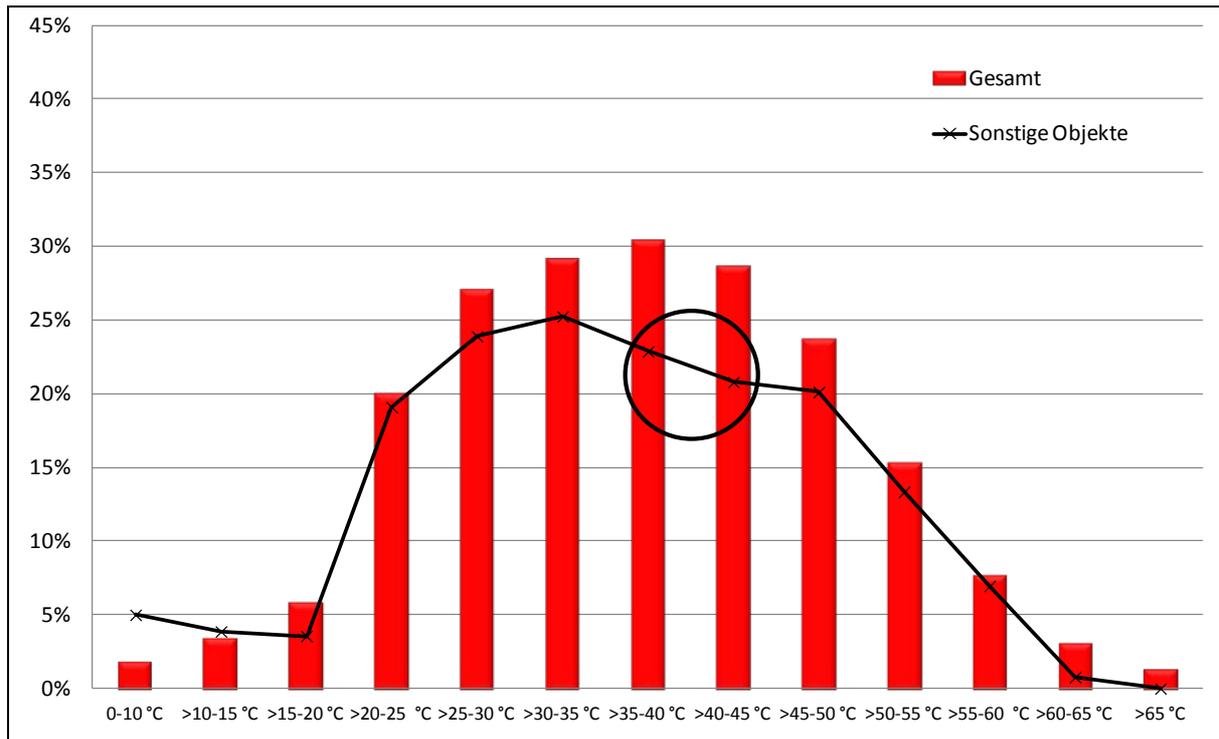


Abbildung 6-4: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml in 5-K-Temperaturbereichen – Sonstige Objekte, Gesamt (Analysen)

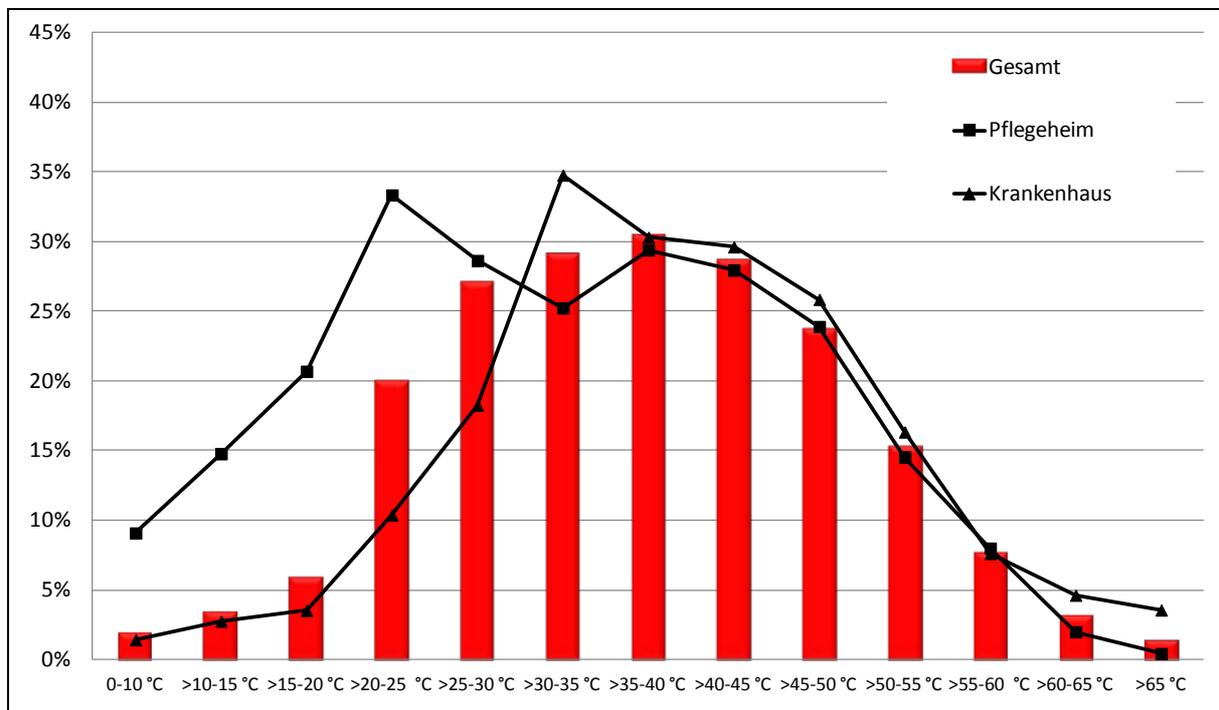


Abbildung 6-5: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml in 5-K-Temperaturbereichen – Pflegeheim, Krankenhaus, Gesamt (Analysen)

Anders stellt sich die Situation für Krankenhäuser und Pflegeheime in Abbildung 6-5 dar.

Die *Pflegeheime* besitzen einen überdurchschnittlich hohen Befall im Bereich bis 30 °C und folgen danach recht gut dem Gesamtmittelwert. Insgesamt basiert die Statistik auf 8.732 Datensätzen aus Pflegeheimen, von denen 1.430 der K100-Kategorie zugeordnet sind und nur 207 (778 DS gesamt) auf den T-Bereich bis 30 °C entfallen. Als Ursachen für die Abweichung im unteren T-Bereich sind Einzelzuleitungen mit geringem Wasserverbrauch, entsprechend lange Verweilzeiten (Abkühlung TWW) und hohe Zimmertemperaturen (Aufwärmung TW) anzunehmen.

Obwohl *Krankenhäuser* die Statistik dominieren, liegen sie vor allem im Bereich >30 bis 35 °C über den Durchschnittswerten. Auch hier gilt wieder eine geringe Datenbasis (von 32.153 Analysen nur 316 Analysen in diesem Temperaturbereich), sodass es sich um eine normale statistische Schwankungsbreite handeln kann. Vergleicht man jedoch anhand Tabelle 6-1 die Daten der Krankenhäuser mit allen in diesem Temperaturbereich vorliegenden Analysen hinsichtlich der Aufteilung auf die Probenahmestellen, so zeigt sich, dass das Maximum an den Entnahmestellen TW/TWW für die Krankenhäuser deutlich höher ausfällt. Dagegen enthält die Gesamtstatistik auch einen hohen Anteil an Entnahmen im Strang TWW. Insofern könnte der höhere Anteil an K100 Proben auch tatsächlich in Betracht zu ziehen sein.

Tabelle 6-1 Anzahl der Analysen im Temperaturbereich >30 bis 35 °C nach Probenahmestelle

Probenahmestelle	Anzahl der Analysen in Krankenhäusern	Gesamtanzahl (Analysen)
Eintritt Zirk. TWE	2 (1 %)	54 (1 %)
Strang TWW	19 (6 %)	461 (23%)
Strang Zirk. TWW	4 (1 %)	54 (3 %)
Entn. TW/TWW	211 (67 %)	985 (50 %)
Strang TW	3 (1 %)	14 (1 %)
Ohne Angaben	77 (24 %)	413 (21 %)

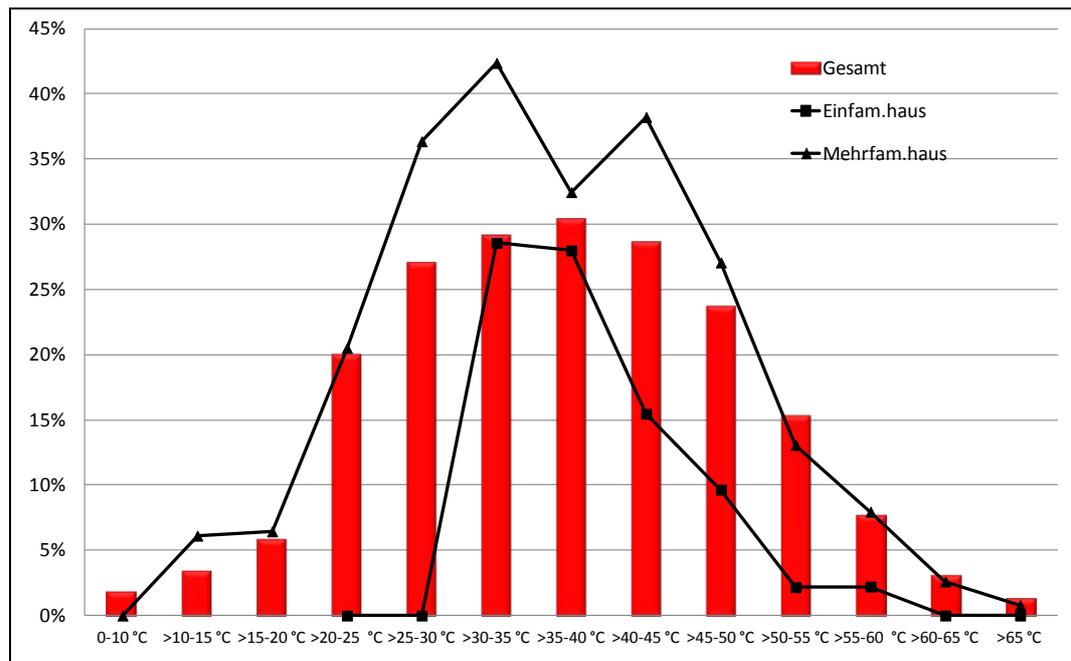


Abbildung 6-6: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml in 5-K-Temperaturbereichen – Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Gesamt (Analysen)

*Einfamilienhäuser* (472 Anlagen, 40 mit Maßnahme erforderlich) zeigen einen prozentualen K100-Anteil, der deutlich unter dem Durchschnitt liegt (Abbildung 6-6). Die Werte für den prozentualen Befall im Temperaturbereich  $>50-55$  °C sind mit denen im Temperaturbereich  $>55-60$  °C identisch. Einen signifikanten Anstieg gibt es im Bereich  $>45-50$  °C, wobei der Prozentsatz mit 9,7 % der K100-Analysen nur 40 % des durchschnittlichen Prozentsatzes aller Analysen (23,7 %) beträgt.

*Mehrfamilienhäuser MFH* (393 Anlagen, 93 mit Maßnahme erforderlich) zeigen überdurchschnittliche K100-Anteile im Bereich  $>25$  bis  $50$  °C. Auf den Bereich  $>50$  °C bis  $65$  °C entfallen 50 % aller Daten aus MFH, sodass als statistisch gut abgesichert gelten kann, dass der K100-Anteil im Bereich  $>50$  bis  $55$  °C leicht unter dem Durchschnittswert und der für  $>55$  bis  $60$  °C diesem entspricht.

Für *Kindertagesstätten KiTa*, *Turnhallen TH* und *Hallenbäder HB* standen 3.097 Analyse-Datensätze (KiTA: 811, TH: 1.642, HB: 644) zur Verfügung, die 762 TWE-Anlagen (KiTA: 242, TH: 380, HB: 140) entnommen worden sind. Als weitere Informationen können gegeben werden:

- 1.744 (56,3 %) Analysen wurden an Entnahmestellen TW/TWW genommen (KiTA: 296 (36,5 %), TH: 1.227 (74,7 %), HB: 221 (34,3 %))
- 337 (10,9 %) Analysen wurden an Entnahmestellen MW genommen (KiTA: 55 (6,8 %), TH: 118 (7,2 %), HB: 164 (25,5 %))

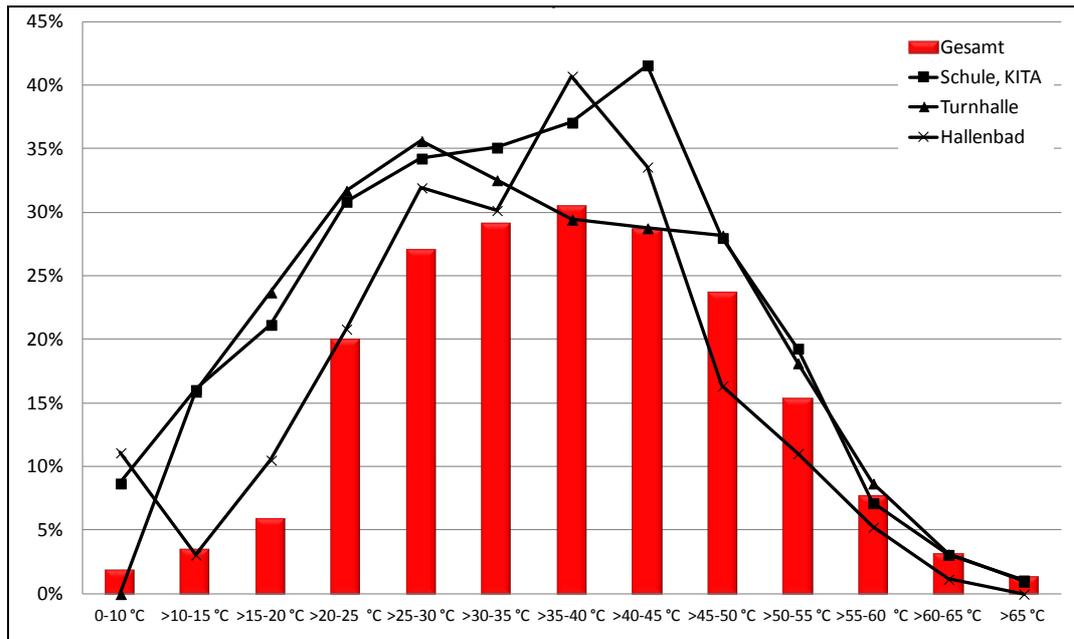


Abbildung 6-7: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml in 5-K-Temperaturbereichen – Schule, KITA, Turnhalle, Hallenbad, Gesamt (Analysen)

Wie Abbildung 6-7 grafisch darstellt, liegen alle drei Objektarten *KiTa*, *TH* und *HB* in vielen 5-Kelvin-Bereichen deutlich über den Durchschnittswerten für K100. Es war zu validieren, ob tatsächlich das Trinkwasser (kalt) als Ursache in Betracht zu ziehen ist und genau deshalb auch die K100-Befunde in einigen TWW-Bereichen überdurchschnittlich sind. Dazu wurden 14 TWE-Anlagen (33-1, 151-1, 262-1, 2385-1, 2421-1, 2460-1, 2485-1, 2506-1, 2540-1, 2588-1, 2709-1, 3373-1, 3389-1, 6258-1) näher untersucht.

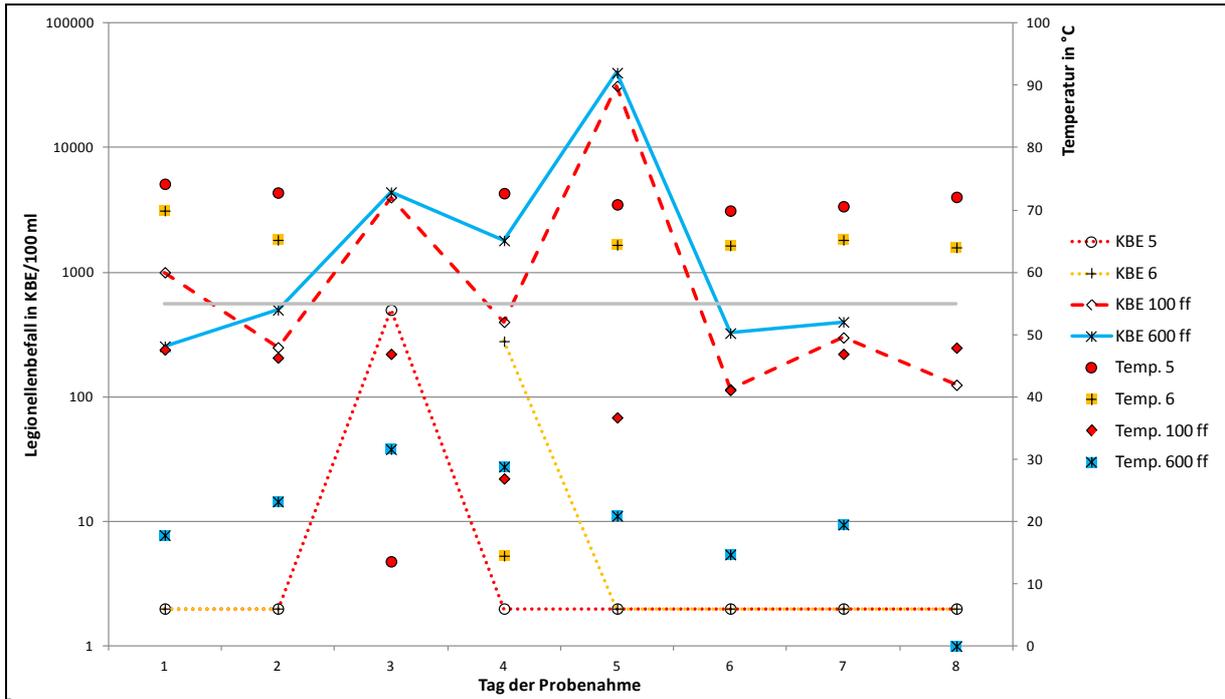


Abbildung 6-8: Objekthistorie TWE-Anlage 2506-1 (Schule, KiTa, Probenahme am 27.11.2007, 24.01.2008, 07.05.2008, 28.05.2008, 31.07.2008, 11.08.2008, 30.10.2008, 12.11.2009)

Die hier exemplarisch in Abbildung 6-8 dargestellte Objekthistorie bestätigt die Trinkwasser (kalt)-Seite als Quelle, wobei teilweise Temperaturen um die 30 °C vorlagen.

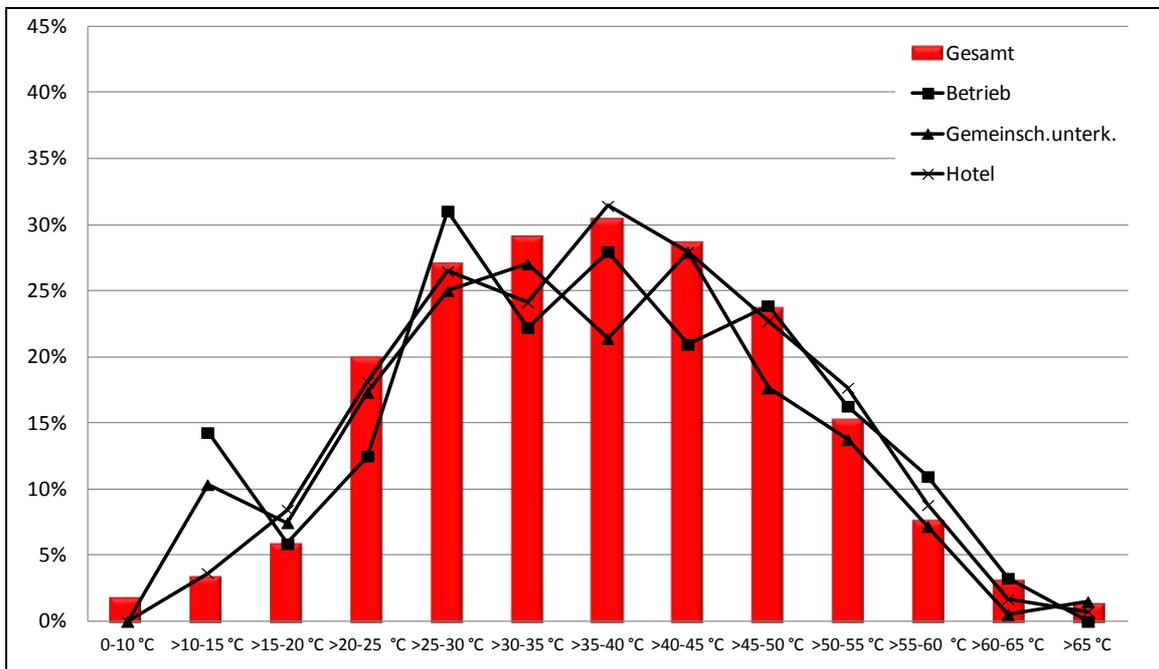


Abbildung 6-9: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml in 5-K-Temperaturbereichen – Betrieb, Gemeinschaftsunterkunft, Hotel, Gesamt (Analysen)

Die K100-Anteile folgen in *Betrieben, Gemeinschaftsunterkünften* und *Hotels* dem Mittelwert der Gesamtstatistik (Abbildung 6-9). Nur der Befall im Trinkwasser (kalt) TW ist für > 10 bis 15 °C z. T. deutlich erhöht, wobei hier wiederum nur eine sehr geringe Datenbasis für diesen 5-K-Bereich existiert (Betrieb: 14 Analysen insgesamt, Gemeinschaftsunterkunft: 29 Analysen) und eine alleinige Zuordnung zum Trinkwasser (kalt) als Ursache schwierig ist. So zeigt Abbildung 6-10 erst nach einer extremen Kontamination im Zirkulationsstrang und im Mischwasser eine Kontamination in der TW-Entnahme. An diesem System ist zu bemängeln, dass bei Temperaturen von ca. 60 °C im TWW-Strang teilweise nur 40 bis knapp 50 °C in der Zirkulation gemessen werden. Hier könnte ggf. auch eine dezentrale Kontamination z.B. durch Bauteile und Armaturen die Ursache für die erhöhten TW-Befunde trotz vglw. niedriger TW-Temperaturen sein. Liegen wie bei Abbildung 6-31 fast ausschließlich Werte für die Entnahme TW/TWW vor, so ist eine Ursachenfindung äußerst schwierig.

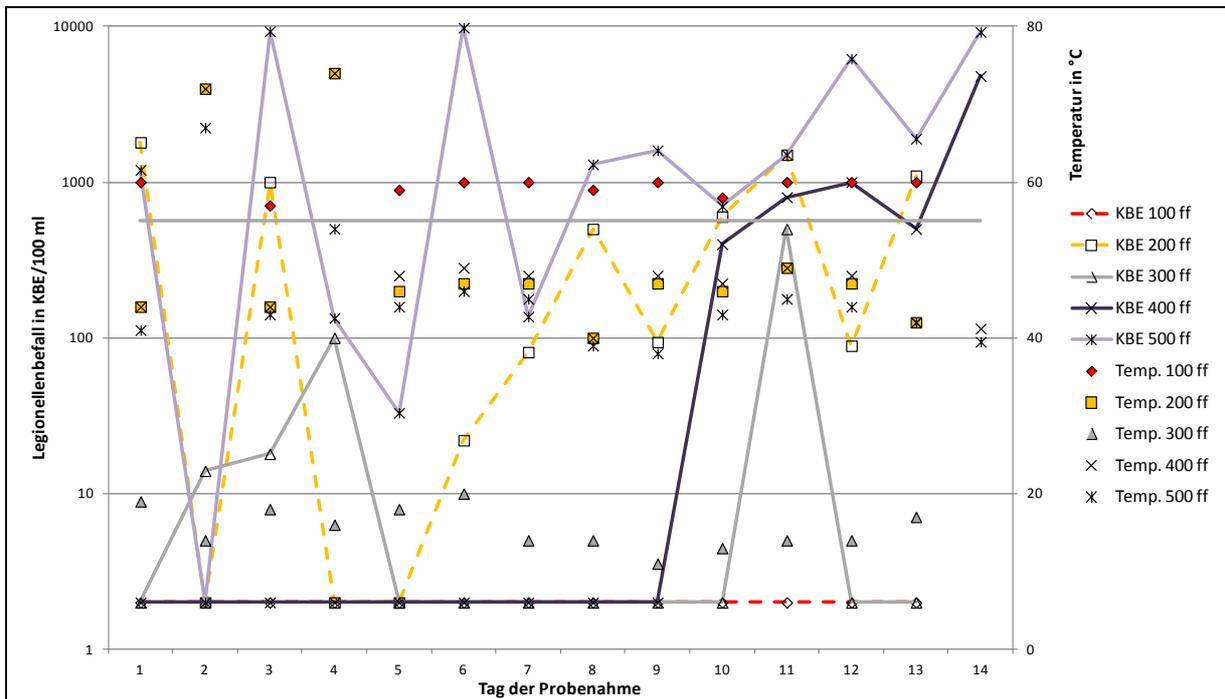


Abbildung 6-10: Objekthistorie TWE-Anlage 238-1 (Gemeinschaftsunterkunft, Probenahme am 25.09.95, 17.10.95, 31.10.95, 28.11.95, 12.12.95, 28.12.95, 10.01.96, 25.01.96, 06.02.96, 27.02.96, 12.03.96, 17.04.96, 21.05.96, 13.06.96) alle dargestellten 300 ff-Proben aus Entnahme TW

## 6.2 Statistik nach der Entnahmestelle der Proben

### 6.2.1 Allgemeine Statistik G, K2-99, K100, 5-Kelvin-Bereiche

Für die Zuordnung zu den Kategorien zentrale, teilzentrale und dezentrale Kontamination ist eine statistische Auswertung - unterteilt in die relevanten Gruppen der Probenahmestellen - notwendig. Die in der Datenbank bislang vorhandenen Datensätze folgen der Nomenklatur für die Vergabe der *Probenahmestellen-Nummer PS-Nr* nach Abbildung 6-11. Die Kurzform der in der Legende definierten Begriffe wird für die nachfolgende Auswertung benutzt. Bei der Auswertung nach der Probenahmestelle werden auch die bedingt verwendbaren Datensätze einbezogen sofern es sich nicht um Temperaturabfragen handelt.

Abbildung 6-12 gibt einen Überblick über die in den einzelnen Kategorien zur Verfügung stehende Anzahl an Datensätzen sowie die darin enthaltene Anzahl an K2 (Befall  $> 2$  KBE/100 ml) bzw. K100-Analysen (Befall  $\geq 100$  KBE/100 ml). Offenkundig ist die Dominanz der Datensätze, die an den Entnahmestellen TW/TWW im dezentralen Verbraucherbereich entnommen worden sind.

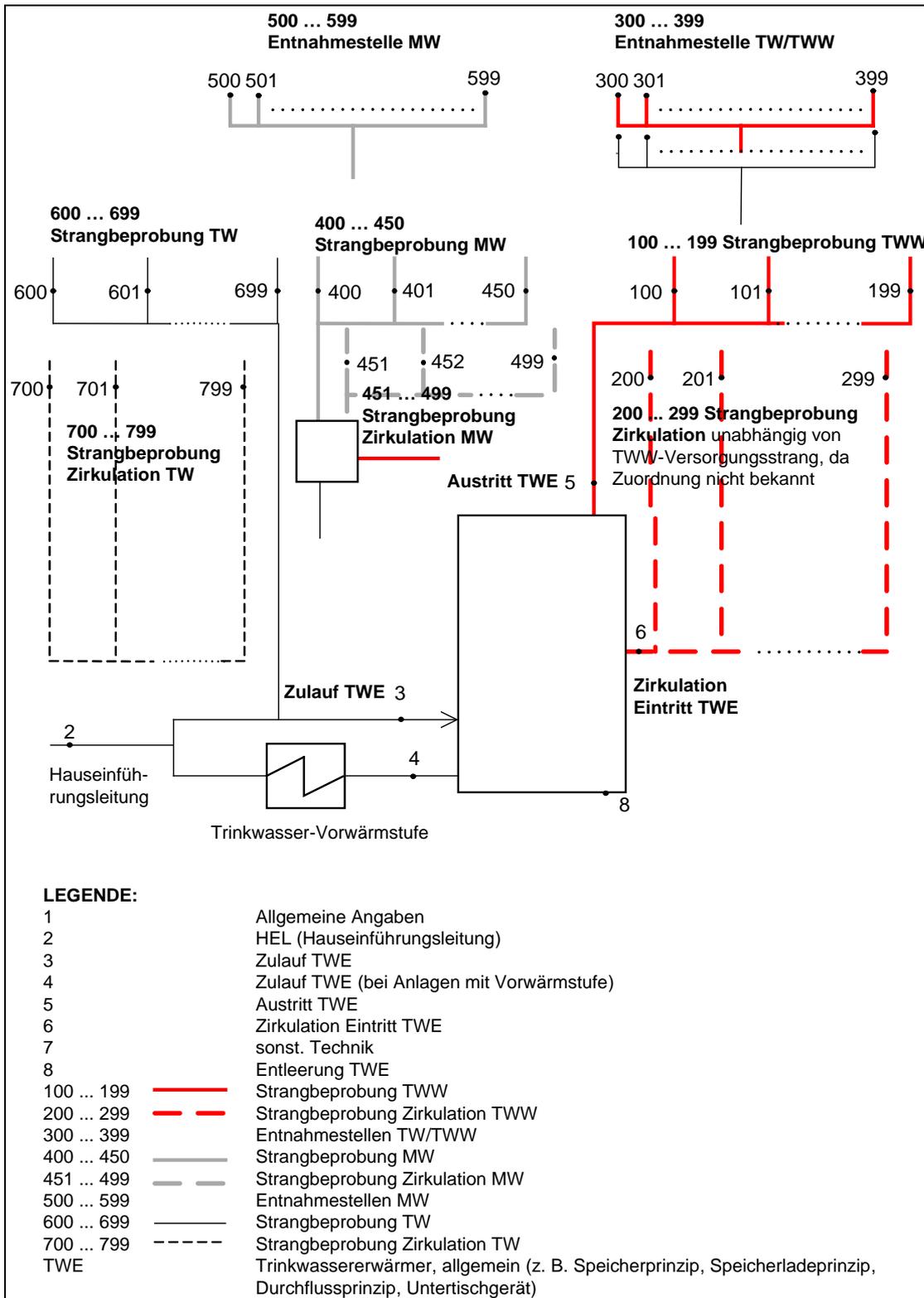


Abbildung 6-11: Standard für Vergabe *Probenahmestellen-Nummer PS\_Nr* (Strangzuordnung nicht möglich)

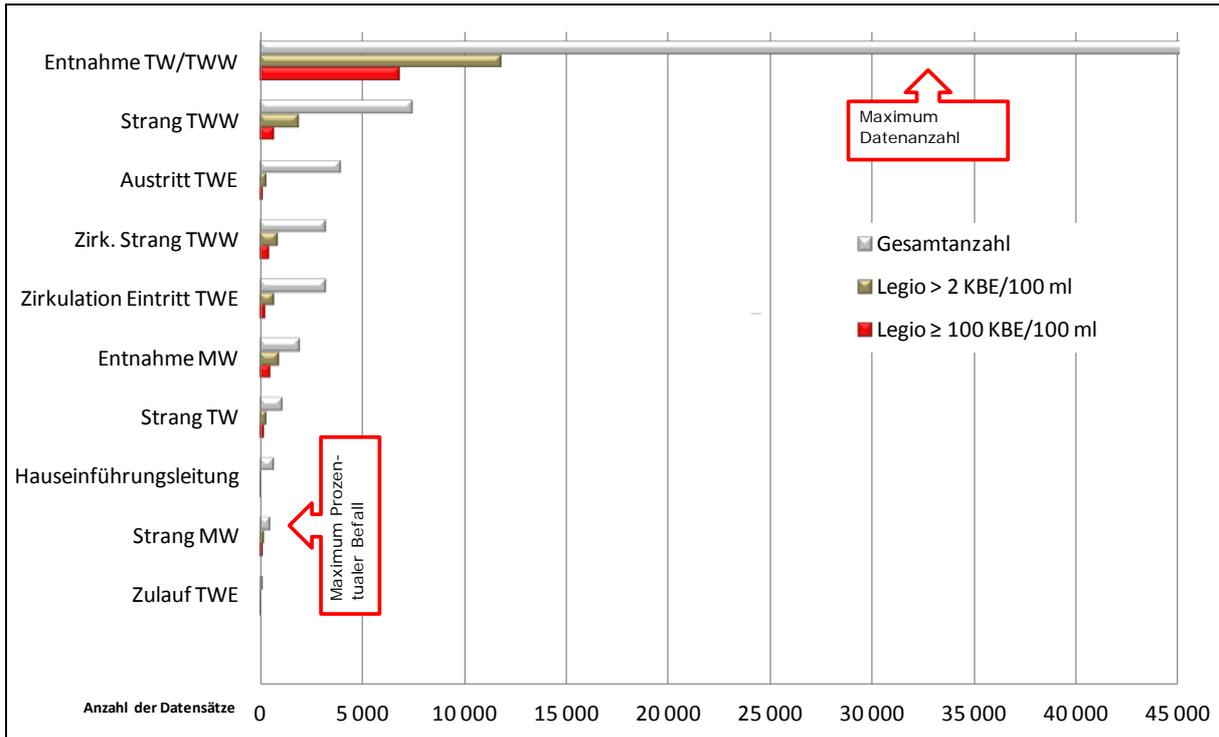


Abbildung 6-12: Statistik nach Entnahmestelle, geordnet nach Gesamtanzahl der Analysen (verwendbare und bedingt verwendbare Datensätze)

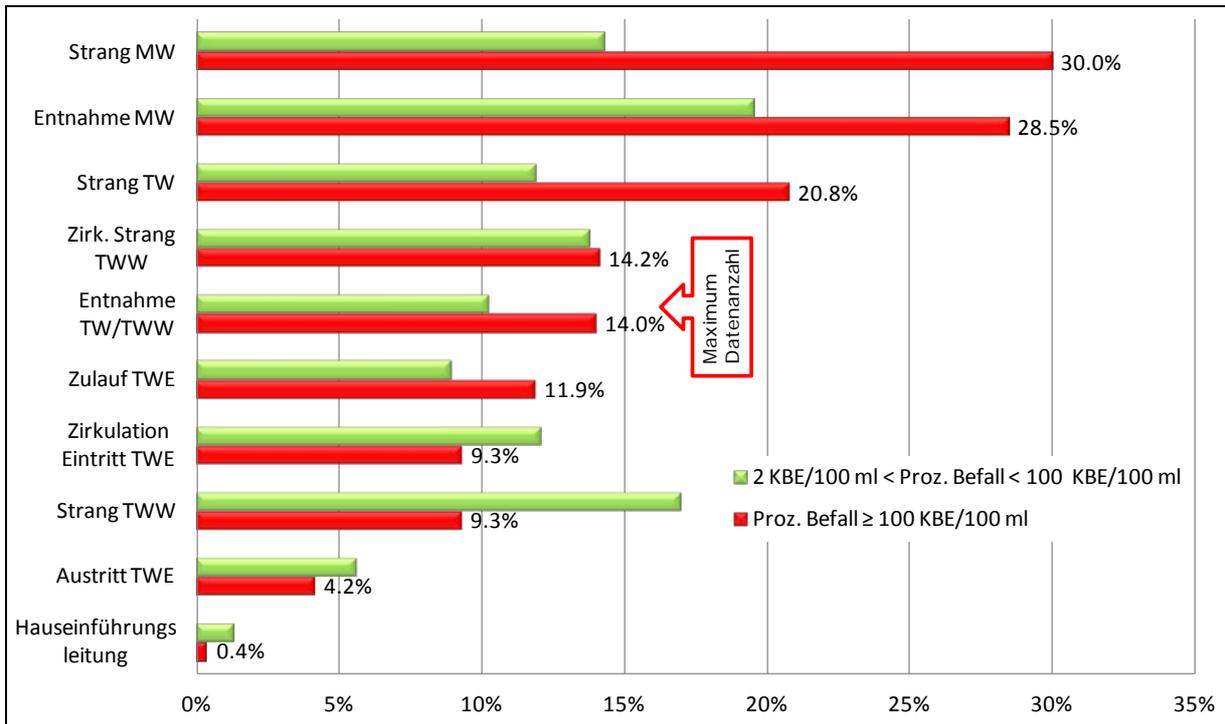


Abbildung 6-13: Prozentuale Anteile der K2-99 und K100 an allen Analysen je Probenahmestellen-Kategorie, geordnet nach K100 (verwendbare und bedingt verwendbare Datensätze)

Ordnet man jedoch nach den prozentualen K100-Befunden (Abbildung 6-13;), so weisen der Strang Mischwasser (30,0 % von 553 DS), die Entnahme Mischwasser (28,5 % von 2.021 DS) und der Strang TW (20,8 % von 1.159 DS) einen überdurchschnittlichen Befall auf. Der Zirkulationsstrang TWW und die Entnahme TW/TWW liegen im Bereich des arithmetischen Mittelwertes von 14,3 %. Mit nur 4,2 % (von 4.033 DS) liegt der K100-Prozentsatz für den Austritt der Trinkwasser-Erwärmer deutlich unter dem Durchschnitt.

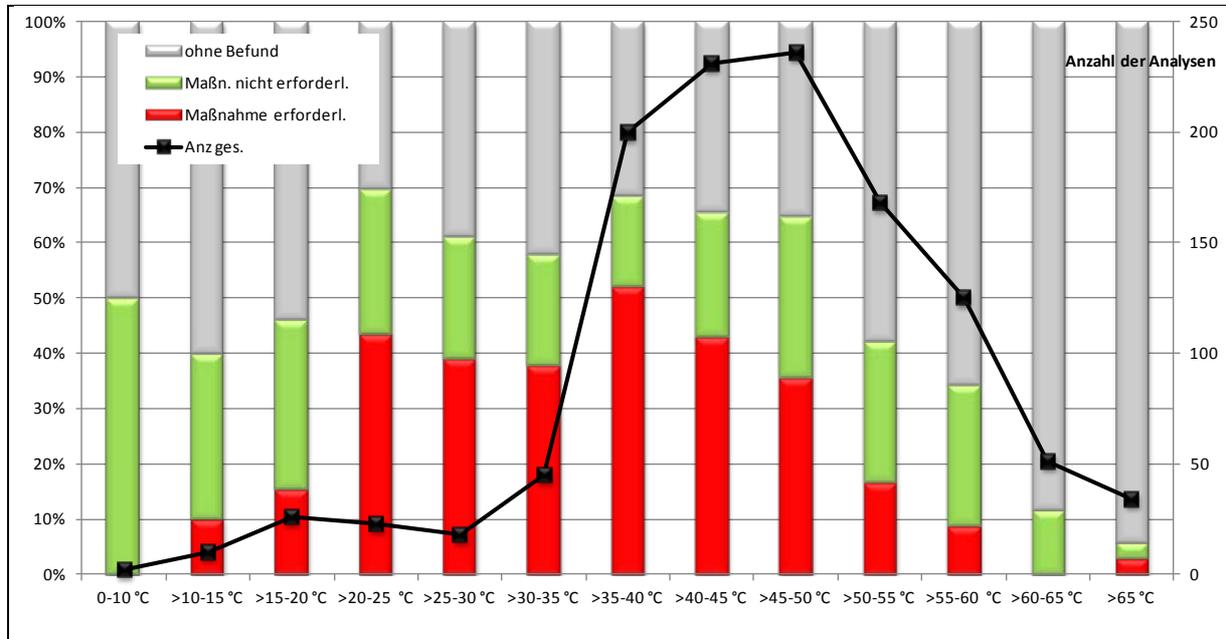


Abbildung 6-14 Prozentuale Anteile Entnahme Mischwasser in 5-K-Bereichen (verwendbare Datensätze)

Eine temperaturabhängige Untersetzung der hohen Befallsraten im *Strang Mischwasser* in 5-Kelvin-Bereich ist nicht sinnvoll, da von 553 Datensätzen Strang Mischwasser nur für 132 DS eine Probenahmetemperatur verfügbar ist.

Als Ursache für die hohen Prozentsätze positiver Befunde an der *Entnahmestelle Mischwasser* ist eindeutig die Verschiebung des Maximums der Analysen vom 5-K-Bereich > 55 bis 60 °C für alle Analysen auf den weiten Bereich > 35 bis 50 °C zu nennen (siehe Abbildung 6-14), für den die Wahrscheinlichkeit des Legionellenwachstums deutlich erhöht ist. Das Maximum des K100-Prozentsatzes ist im Bereich > 35 bis 40 °C zu finden und bedeutet, dass mehr als jede zweite Entnahme einen positiven Befund  $\geq 100$  KBE/100 ml aufweist.

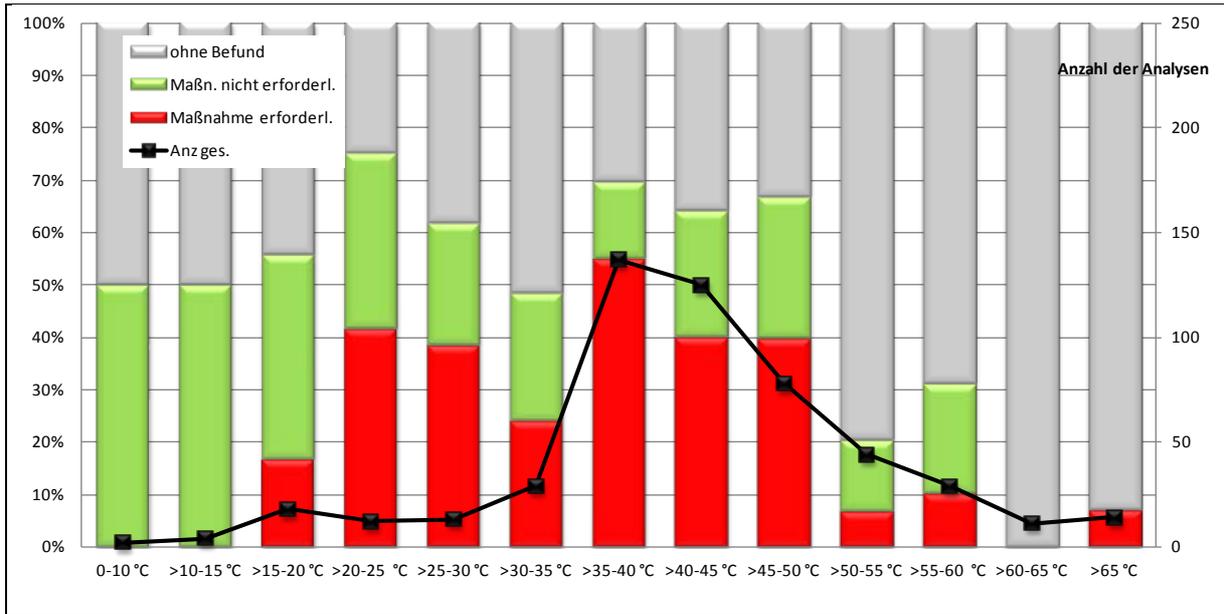


Abbildung 6-15 Prozentuale Anteile Entnahme Mischwasser mit zentralen Mischern in 5-K-Bereichen (verwendbare Datensätze); Teilmenge der in Abbildung 6-14 ausgewerteten Datensätze

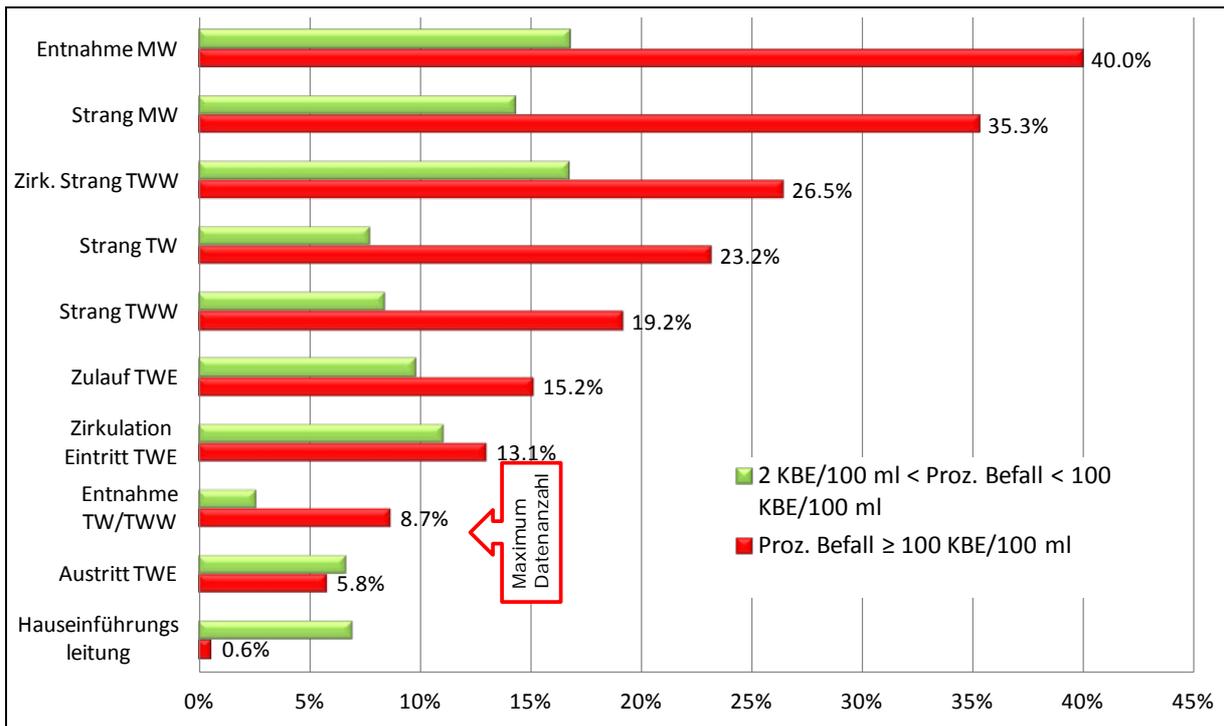


Abbildung 6-16: Prozentualer Befall KBE in 100 ml der TWE-Anlagen an der Probenahmestelle, geordnet nach K100

Untersucht man die Teilmenge der Ergebnisse *Entnahme MW*, denen ein zentraler Mischer vorgeschaltet ist, so ergibt sich das in Abbildung 6-15 dargestellte Bild. Hier liegen das Maximum der Anzahl der verwendbaren Datensätze und das Maximum des K100-Anteils in ebendiesem Bereich > 35 bis 40 °C, der als optimaler Bereich für das Legionellen-

lenwachstum bekannt ist. Dies spiegelt die nach DIN EN 806-2 für Pflegeheime und Kindertagesstätten empfohlene Mischtemperatur an Entnahmestellen von 38 °C wieder. Für Krankenhäuser und Schulen gelten 43 °C, sodass auch die hohe Anzahl an Analysen im Bereich > 40 bis 45 °C erklärbar ist.

Bei Auswertung nach TWE-Anlagen gemäß Abbildung 6-16, d.h. jede Anlage wird dann bilanziert, wenn es mindestens eine Entnahmestelle in der jeweiligen *PS-Nr*-Gruppe gibt, verschieben sich die Reihungen gegenüber Abbildung 6-13 geringfügig. Tabelle 6-2 zeigt die Anzahl der TWE-Anlagen je Kategorie.

Tabelle 6-2 Anzahl der TWE-Anlagen mit Analysedatensätzen in der jeweiligen Kategorie Probenahmestelle

Gruppe Probenahmestelle	Anzahl TWE-Anlagen
Entnahme MW	560
Strang MW	300
Entnahme TW/TWW	2.733 <sup>8</sup>
Strang TW	181
Zirk. Strang TWW	686
Strang TWW	1.519
Zulauf TWE	116
Zirkulation Eintritt TWE	1.628
Hauseinführungsleitung	191
Austritt TWE	2.150

Der arithmetische Mittelwert der K100-Anteile beträgt 18,8 %. Der Prozentsatz für die dezentrale Kontamination im Bereich der Mischwasser-Entnahme ist mit 40 % sehr hoch. Als Datenbasis standen immerhin Ergebnisse aus 560 Anlagen zur Verfügung, wovon 224 Anlagen mindestens einmal an einer Entnahmestelle Mischwasser einen Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml hatten. Auch der Strang Mischwasser liegt in ähnlicher Größenordnung (35,3 % von 300 TWE-Anlagen), wobei hier eine teilzentrale Kontamination vorliegt.

Als Fazit lässt sich konstatieren:

- Handlungsbedarf besteht vordergründig in der Vermeidung dezentraler Kontaminationen im Bereich Mischwasser. Augenmerk ist hierbei insbesondere auf ein Verbot zentraler Mischer in Neuanlagen und die Verminderung in Bestandsanlagen zu legen. Nur so kann die Kontamination der Mischwasser-Verteilung, die aus der Verlängerung der Verweilzeit im kritischen Temperaturbereich resultiert, als Bereich hoher Wahrscheinlichkeit für eine Legionellen-Vermehrung eliminiert werden.
- Die dezentrale Kontamination im Bereich der Entnahmen TW/TWW stellt sich insbesondere als Problem einzelner TWE-Anlagen dar.

<sup>8</sup> Die vglw. geringe Anzahl an TWE-Anlagen mit Entnahmestellen TW/TWW resultiert insbesondere daraus, dass entsprechend der Vorschrift des NLGA die an der endständigen Entnahmestelle genommenen Proben dem Strang zugeordnet werden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass für viele TWE-Anlagen nur Ergebnisse ohne *PS*.-Nr.-Zuordnung vorliegen (14,6 % aller DS).

- Der prozentuale Anteil der K100-Befunde ist für die Trinkwasser-Erwärmung sehr niedrig. Der Vergleich der Werte von *Austritt TWE* und *Zirkulation Eintritt TWE* zeigt, dass durch die Trinkwasser-Erwärmer selbst eine signifikante Verminderung der am Eintritt der TWW-Zirkulation in den TWE eingetragenen Legionellenkonzentration erfolgt. Hierbei sind die Verminderungsraten bei Auswertung der Analysedatensätze (55 %) oder nach TWE-Anlagen (62%) in gleicher Größenordnung. Eine sinngemäße Übertragung auf den TW-Zulauf zum Trinkwasser-Erwärmer ist zwar nach Datenlage möglich, scheint derzeit jedoch nicht ausreichend statistisch abgesichert. Die Datenbasis ist sehr gering (116 TWE-Anlagen, 168 DS) und nur für wenige Anlagen liegen an jeweils dem gleichen Probenahmetag Ergebnisse für *Eintritt TWE*, *Austritt TWE* und *Eintritt Zirkulation TWE* vor.

### 6.2.2 Objektartspezifische Auswertung nach der Entnahmestellen (K100)

Es wurde untersucht, ob einzelne Objektarten in den typischen Probenahmestellen-Gruppen signifikante Abweichungen vom statistischen Mittelwert aufweisen. Dazu wurde eine objektartspezifische Auswertung der K100-Werte nach Datensätzen vorgenommen.

Diese Ergebnisse werden im Folgenden den K100-Durchschnittswerten aus Abbildung 6-13 gegenübergestellt. Entsprechend der bereits diskutierten Datenlage sind grundsätzlich nur für die Gruppen *Austritt TWE*, *Strangbeprobung TWW*, *Zirkulation Eintritt TWE*, *Strangbeprobung Zirkulation TWW*, *Entnahme TW/TWW*, *Entnahme MW* statistisch abgesicherte Aussagen möglich, wobei es auch hier objektartspezifische Besonderheiten geben kann.

Abbildung 6-17 und Abbildung 6-18 stellen die Ergebnisse der diesbezüglich erstellten Datenbankabfragen grafisch für alle relevanten Objektarten dar:

*Pflegeheime* entsprechen sehr gut den Durchschnittswerten. *Ein- und Mehrfamilienhäuser* folgen dem Durchschnitt bzw. liegen signifikant darunter. Insofern erübrigt sich eine ausführliche Untersuchung.

Auffällig ist, dass *Hallenbäder* an allen Entnahmestellen-Gruppen deutlich über dem Durchschnitt – teilweise mehr als der doppelte K100-Prozentsatz – liegen. Auch andere Objektarten weisen in einigen Entnahmestellen-Gruppen auffällig Abweichungen auf, für die Erklärungen durch nachfolgende stichpunktartige Bewertung unter Hinzuziehung der Anzahl der Datensätze sowie Informationen zu den Temperaturen und der Objekthistorie (theoretische Grundlagen siehe Abschnitt 5.1; 55 °C als graue Hilfslinie) gefunden werden sollen.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass in vielen TWE-Anlagen über viele Jahre fast ausschließlich endständige Entnahmestelle TW/TWW (300 ff) beprobt wurden. Der Probeumfang bleibt damit deutlich unter den Mindestanforderungen der orientierenden Untersuchung.

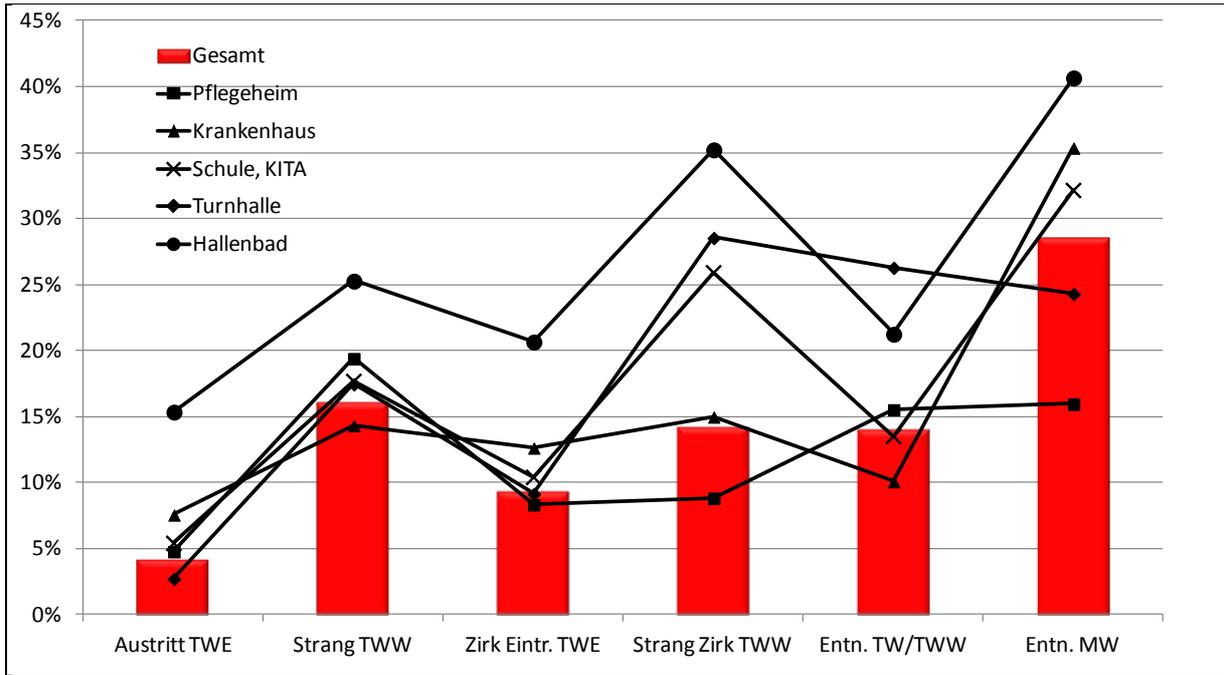


Abbildung 6-17: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml im Pflegeheim, Krankenhaus, Schule, KITA, Turnhalle und Hallenbad im Vergleich zur Gesamtzahl (Analysen)

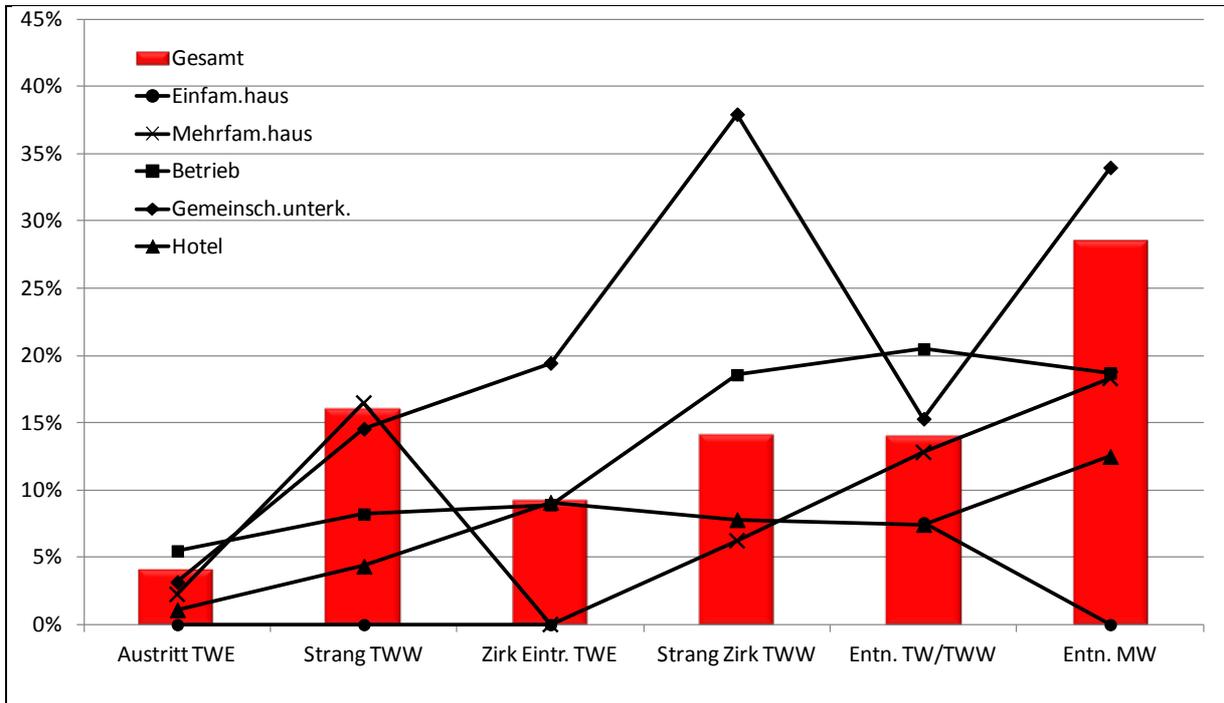


Abbildung 6-18: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml im EFH, MFH, Betrieben, Gemeinschaftsunterkünften und Hotels im Vergleich zur Gesamtzahl (Analysen)

### 1. Austritt TWE

- Für *Hallenbäder* liegen 16 Analysen mit  $\geq 100$  KBE/100 ml vor. Davon haben 15 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50^\circ\text{C}$ . 11 dieser sind von 4 „kontaminierten“ mehrmals beprobten TWE- Anlagen.
- Für *Krankenhäuser* liegen 33 Analysen mit  $\geq 100$  KBE/100 ml vor, wovon 13 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50^\circ\text{C}$  aufweisen. 23 der Analysen entstammen aus 6 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen. Exemplarisch wird die Objekthistorie eines Krankenhauses in Abbildung 6-19 gezeigt. Warum hier nicht schon nach der ersten Beprobung mit eindeutiger Datenlage das Temperaturniveau am Austritt des TWE angehoben wurde ist nicht zu erklären.

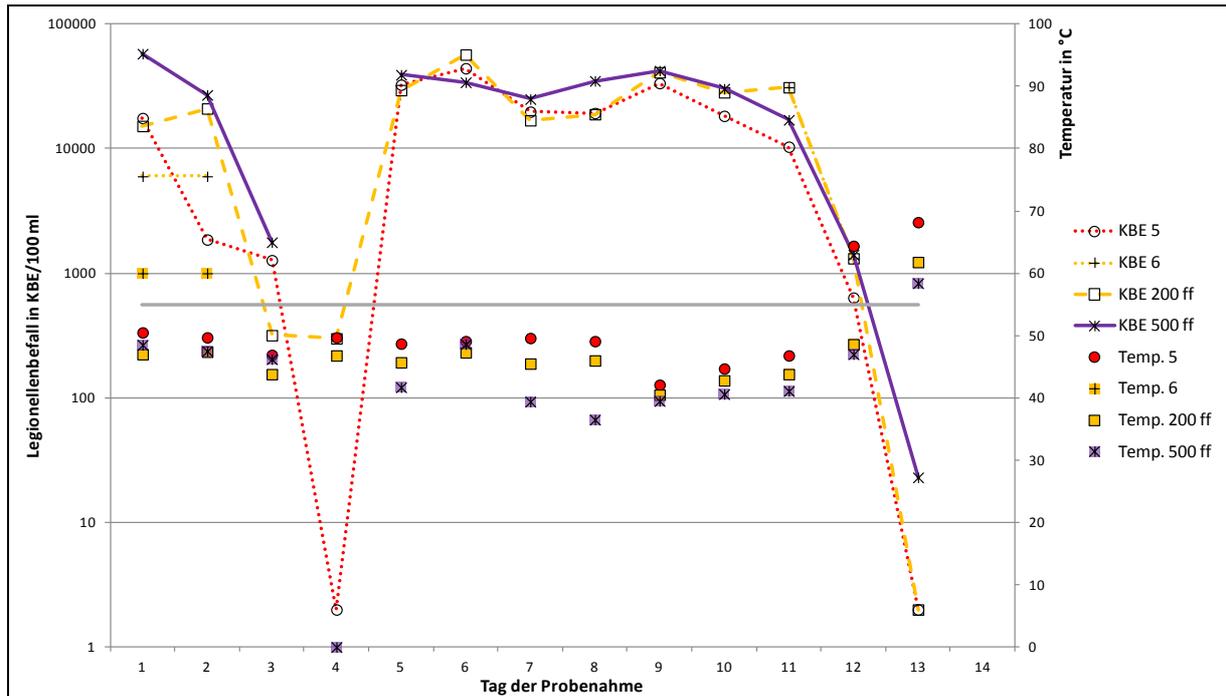


Abbildung 6-19: Objekthistorie TWE-Anlage 40-1 (Krankenhaus, Probenahme am 09.09.96, 16.09.96, 23.09.96, 07.10.96, 14.10.96, 21.10.96, 28.10.96, 04.11.96, 11.11.96, 18.11.96, 25.11.96)

## 2. Strang TWW

- Für *Hallenbäder* liegen 103 Analysen am Strang TWW mit  $\geq 100$  KBE/100 ml vor. Davon haben 89 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  und 38 Analysen entstammen 23 „kontaminierten“, mehrmals beprobten Anlagen.
- Eine derartige Anlage ist beispielhaft in Abbildung 6-20 zu sehen. Über viele Jahre wurden fast ausschließlich Proben an Entnahmestellen TW/TWW untersucht. Insofern fällt nur eine Analyse Strang TWW unter das K100-Kriterium. Deutlich wird jedoch, dass unzulässig niedrige Temperaturen im Strang Zirkulation vorliegen und nach Phasen der thermischen Desinfektion wieder auf ein Temperaturniveau unterhalb der DVGW W 551-Vorgaben umgestellt wird.

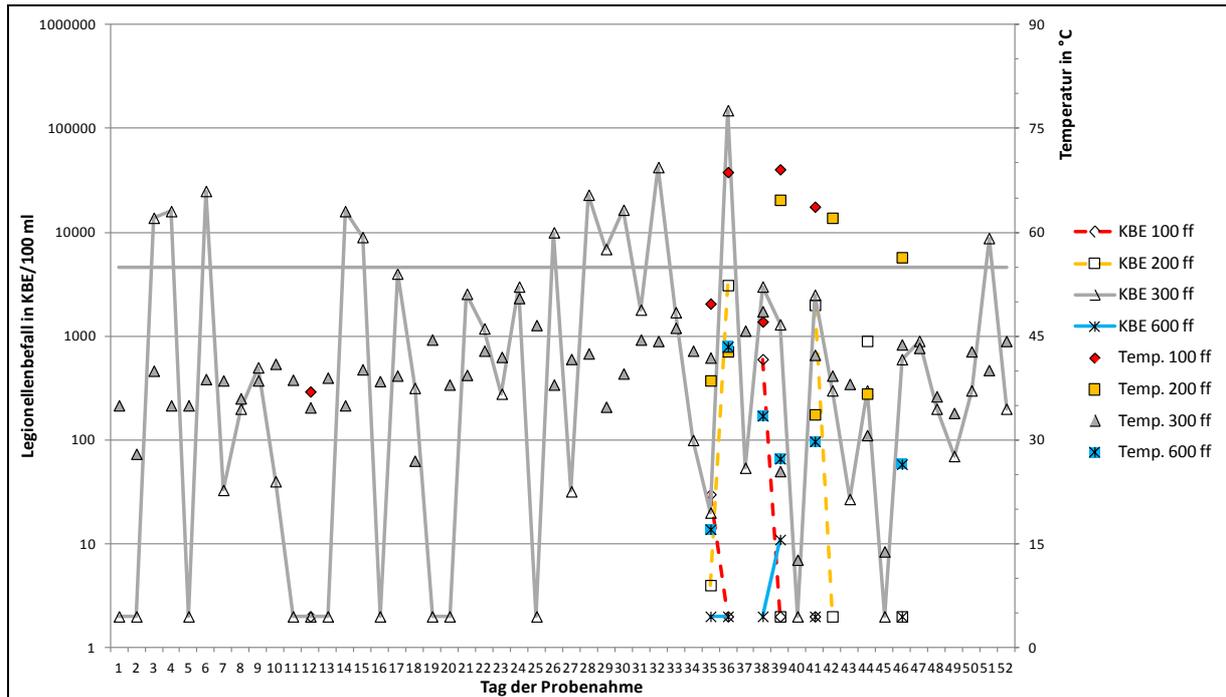


Abbildung 6-20: Objekthistorie TWE-Anlage 5114-1 (Hallenbad, Probenahme am 08.12.92, 14.12.93, 1.09.94, 01.11.95, 20.11.95, 17.01.96, 22.02.96, 12.09.96, 20.03.97, 19.08.97, 29.10.97, 04.11.97, 11.02.98, 01.04.98, 26.11.98, 08.12.98, ..., 28.01.2008, 24.04.2009, 15.12.2010, 21.01.2011, 31.01.2011, 18.02.2011, 28.03.2011)

### 3. Zirkulation Eintritt TWE

- 24 Analysen an der Entnahmestelle Zirkulation Eintritt TWE in *Hallenbädern* weisen  $\geq 100$  KBE/100 ml aus. Davon haben 12 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 3 Analysen sind ohne Probenahmetemperatur. 22 Analysen mit  $\geq 100$  KBE/100 ml sind aus 7 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen. Als Beispiel kann Abbildung 6-21 dienen. Warum ab der 7. Probenserie nur noch Entnahmestellen TW/TWW beprobt worden sind, ist nicht zu begründen.
- 14 Analysen am Eintritt der Zirkulation in den TWE von *Gemeinschaftsunterkünften* weisen  $\geq 100$  KBE/100 ml aus, wovon 4 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  haben und für 6 Analysen keine Probenahmetemperatur vorliegt. 9 dieser Analysen sind von 5 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.

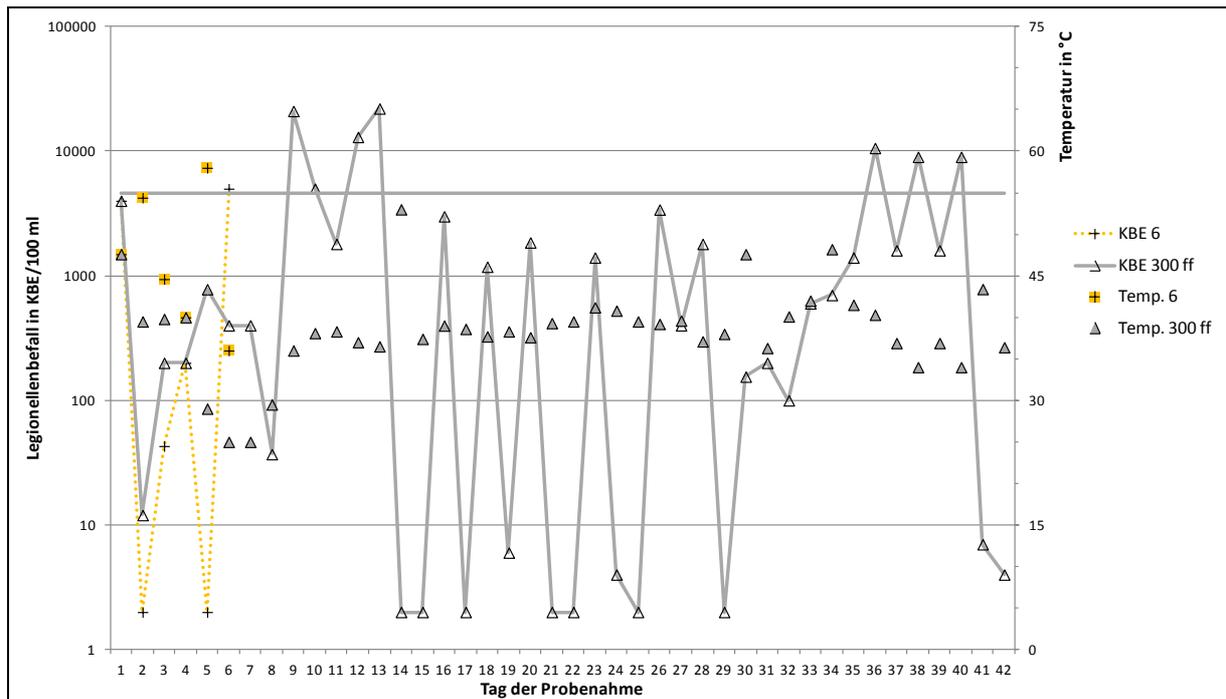


Abbildung 6-21: Objekthistorie TWE-Anlage 5109-1 (Hallenbad, Probenahme am 08.03.88, 19.12.88, 04.10.89, 11.01.90, 30.05.90, 17.04.91, 21.12.92, 05.10.94, 20.09.95, 18.10.95, 26.10.95, 30.10.95, 14.11.95, 12.12.95, 16.11.98, 17.08.99, 01.09.99, 05.09.00, 21.09.00, 30.01.01, ..., 17.01.2005, 22.06.2006, 15.06.2007, 15.12.2010, 06.01.2011, 20.01.2011, 07.02.2011, 17.02.2011)

#### 4. Strang Zirk. TWW

- 43 Analysen am Strang Zirk. TWW in *Hallenbädern* sind der Kategorie  $\geq 100$  KBE/100 ml zuzuordnen. Davon haben 42 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ °C}$  und eine Analyse hat keine Probenahmetemperatur. Mithin wird in allen Fällen die Vorgabe der DVGW W 551 nicht eingehalten. 23 dieser Analysen sind aus 16 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 10 Analysen am Strang Zirk. TWW in *Turnhallen* sind der Kategorie  $\geq 100$  KBE/100 ml zuzuordnen die **alle** eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ °C}$  aufweisen. 8 Analysen sind aus 5 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 14 Analysen am Strang Zirk. TWW in *Schulen/KiTa* weisen positive Befunde mit  $\geq 100$  KBE/100 ml auf und **alle** haben eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ °C}$ . 6 Analyseergebnisse mit  $\geq 100$  KBE/100 ml sind aus 5 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- Der überproportionale Anteil an K100-Analysen im Strang Zirk. TWW in allen drei Objektarten (*Hallenbäder, Turnhallen, Schulen/KiTa*) ist mithin auf unzulässig niedrige Temperaturen zurückzuführen.
- 22 Analysen am Strang Zirk. TWW in *Gemeinschaftsunterkünften* weisen positive Befunde mit  $\geq 100$  KBE/100 ml auf, wovon 17 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ °C}$ . 17 Analysen sind von 5 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 13 Analysen am Strang Zirk. TWW in *Betrieben* weisen positive Befunde mit  $\geq 100$  KBE/100 ml auf, wovon 6 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ °C}$ , 3 Analysen keine Probenahmetemperatur besitzen. 9 Analysen sind von 5 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.

## 5. Entnahme TW/TWW

- 1.758 Analysen an der Entnahme TW/TWW in *Turnhallen* haben Werte  $\geq 100$  KBE/100 ml. Davon haben 1.470 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  und 144 Analysen sind ohne Probenahmetemperatur. 1.708 Analysen mit  $\geq 100$  KBE/100 ml sind von 416 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 521 Analysen an Entnahmestellen TW/TWW in *Hallenbädern* sind der Kategorie K100 zuzuordnen. Davon haben 466 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  und 19 Analysen gar keine Probenahmetemperatur. 505 Analyseergebnisse mit  $\geq 100$  KBE/100 ml sind von 24 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen. Wenn natürlich - wie bei der Anlage in Abbildung 6-22 - **über 16 Jahre nur Ergebnisse von Entnahmen TW/TWW** vorliegen, kann eine Ursachenfindung und -behebung nicht zielgerichtet stattgefunden haben. Ggf. handelt es sich sogar um Proben aus Entnahmestellen mit vorgeschalteten Mischern. Dies wäre jedoch nur anhand eines Schaltbildes zu klären.
- 435 Analysen an Entnahmen TW/TWW in *Betrieben* haben positive Befunde der K100-Kategorie, wovon 229 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 69 Analysen keine Probenahmetemperatur aufweisen. 413 mit  $\geq 100$  KBE/100 ml befallene Proben sind von 32 „kontaminierten“ mehrmals untersuchten Anlagen. Oft liegen analog zu Abbildung 6-23 nur sehr lückenhafte Informationen zur zentralen bzw. teilzentralen Situation sowie keine Informationen zu den getroffenen Maßnahmen vor. So liegen bspw. zwischen den Probenserien 18 und 19 nur 2 Tage. Trotz niedriger Temperatur an der Entnahme TW/TWW geht der Legionellenbefund zurück. Die Probenserie 19 enthält nunmehr wieder Ergebnisse zu den Strängen TWW und Zirkulation TWW. Ob zwischen beiden Tagen ggf. eine thermische Desinfektion ggf. mit Spülen stattgefunden hat, ist nur zu mutmaßen.

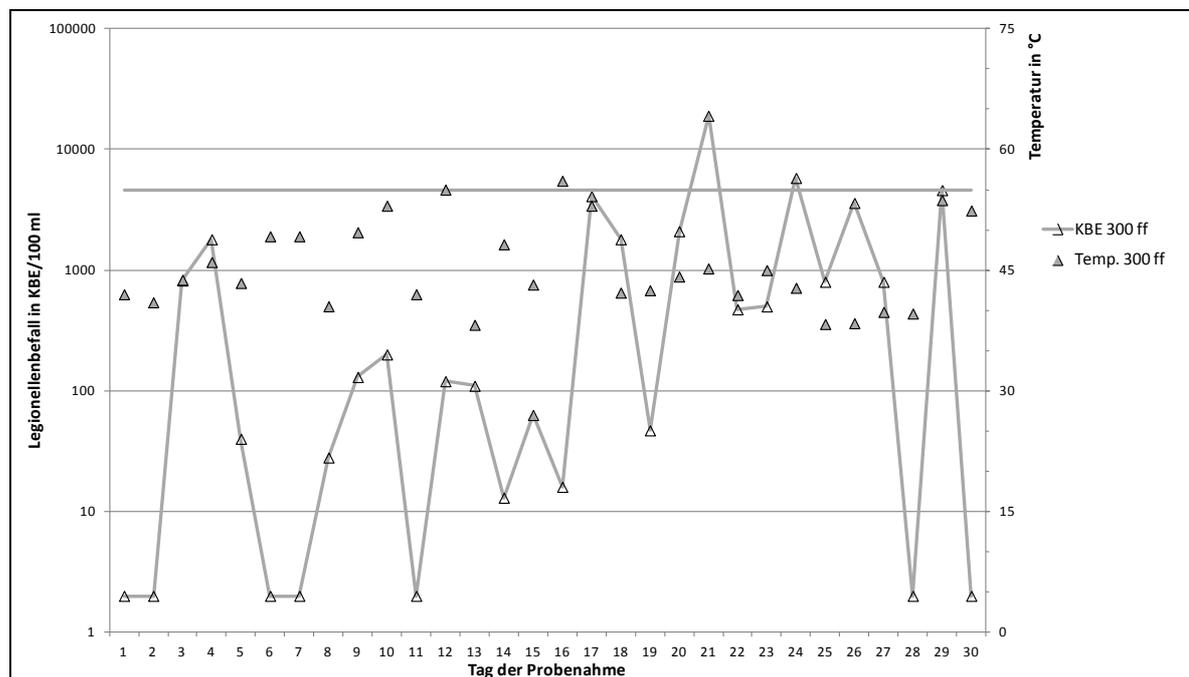


Abbildung 6-22: Objekthistorie TWE-Anlage 5097-1 (Hallenbad, Probenahme am 30.11.94, 26.09.95, 14.03.96, 10.04.96, 02.07.96, 22.01.97, 20.08.97, 17.02.98, 04.08.98, 18.08.98, 27.01.99, 31.08.99, 25.01.00, 22.08.00, 08.02.01, 24.08.2001, 04.02.2002, 03.09.2002, 17.03.2003, 15.07.2003, 20.08.2003, 17.12.2003, 12.04.2006, 23.11.2006, 18.04.2007, 05.12.2007, 13.07.2009, 01.09.2009, 26.05.2010, 17.06.2010)

## 6. Entnahme MW

- Insgesamt existieren 576 Analysen mit positiven Legionellenbefunden  $\geq 100$  KBE/100 ml.
- 164 Analysen an Entn. MW in *Hallenbad* weisen Legionellenbefunde von  $\geq 100$  KBE/100 ml auf, wovon 134 Analysen eine Probenahmetemperatur unter  $50^\circ\text{C}$  und 27 Analysen keine Probenahmetemperatur haben. 150 dieser Analysen sind aus 52 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 98 Analysen an Entnahmen MW in *Krankenhäusern* haben pos. Befunde mit  $\geq 100$  KBE/100 ml. Das entspricht aber nur ca. 3 % aller in KH befallenen Proben. Nur eine Probe davon wurde an der Armatur DK genommen. Von den 98 Proben haben 71 eine Probenahmetemperatur unter  $50^\circ\text{C}$ . 95 Werte sind von 19 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 55 Analysen an Entnahmen MW in *Schulen/KiTa* sind der Kategorie K100 zuzuordnen. Davon haben 26 Proben eine Entnahmetemperatur unter  $50^\circ\text{C}$ , 29 Proben sind ohne Entnahmetemperatur. 45 Proben mit  $\geq 100$  KBE/100 ml sind aus 16 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.
- 53 Analysen an Entnahmestellen MW in *Gemeinschaftsunterkünften* haben positive Befunde mit  $\geq 100$  KBE/100 ml. Davon sind 42 Entnahmen Temperaturen unter  $50^\circ\text{C}$  zugeordnet. Bei 8 Proben ist keine Entnahmetemperatur angegeben. 39 mit  $\geq 100$  KBE/100 ml befallene Proben sind von 4 „kontaminierten“ mehrmals beprobten Anlagen.

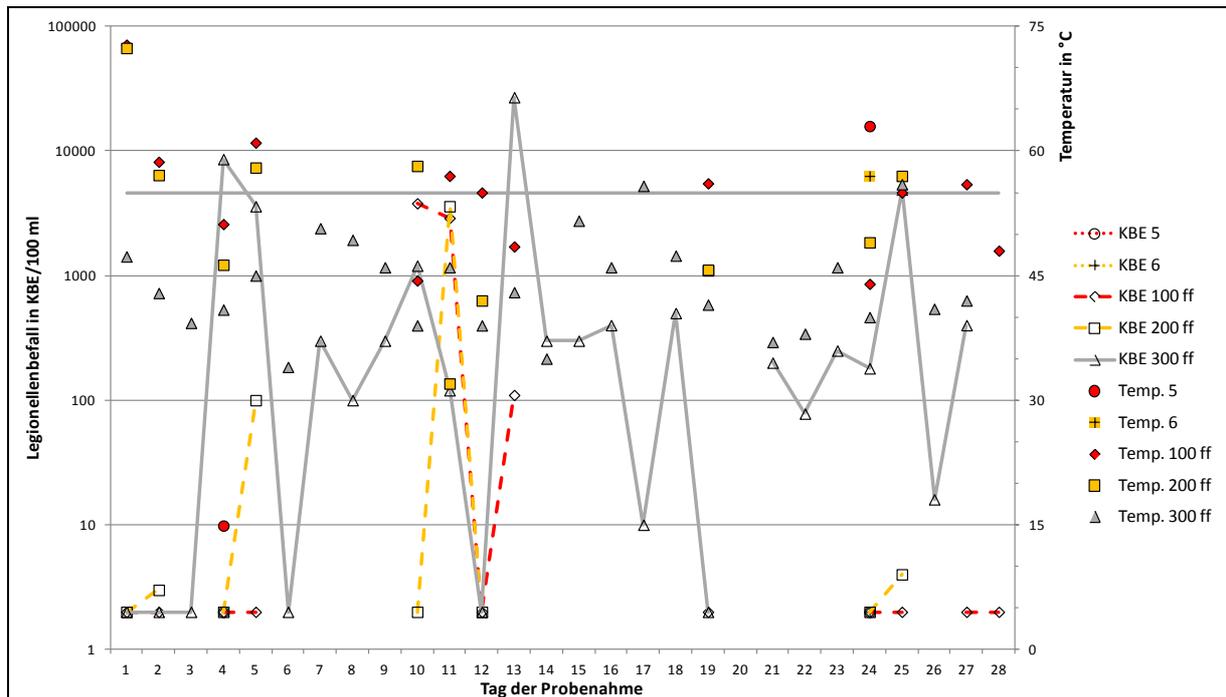


Abbildung 6-23: Objekthistorie TWE-Anlage 5001-5 (Betrieb, Probenahme am 08.11.06, 09.11.06, 13.11.06, 14.12.06, 01.03.07, 27.06.07, 18.09.07, 09.10.07, 14.11.07, 15.11.07, 16.11.07, 19.11.07, 11.02.08, 25.02.08, 03.04.08, 15.04.08, 02.12.08, 03.12.08, 05.12.08, 06.03.09, 24.06.2009, 09.11.2009, 10.11.2009, 11.11.2009, 13.11.2009, 16.11.2009, 10.12.2009, 21.12.2009, 10.03.2010)

### 6.2.3 Statistik Armatur und Platz

Die Art der zur Entnahme der Probe genutzten Armatur sowie deren Zuordnung zur Umgebung der Entnahme über den Parameter „Platz“ sollten eine weitere differenzierte Betrachtung erlauben.

Abbildung 6-24 zeigt die Statistik nach dem Parameter „Armatur“ über alle Entnahmestellen. Die meisten Proben wurden an Armaturen W/K getrennt genommen, gefolgt von den Entnahmen, die an Duschköpfen erfolgten. Dabei haben 11 % der Proben W/K getrennt einen Befall  $\geq 100$  KBE/100 ml, der bei den Proben der Duschköpfe deutlich höher bei 17 % liegt.

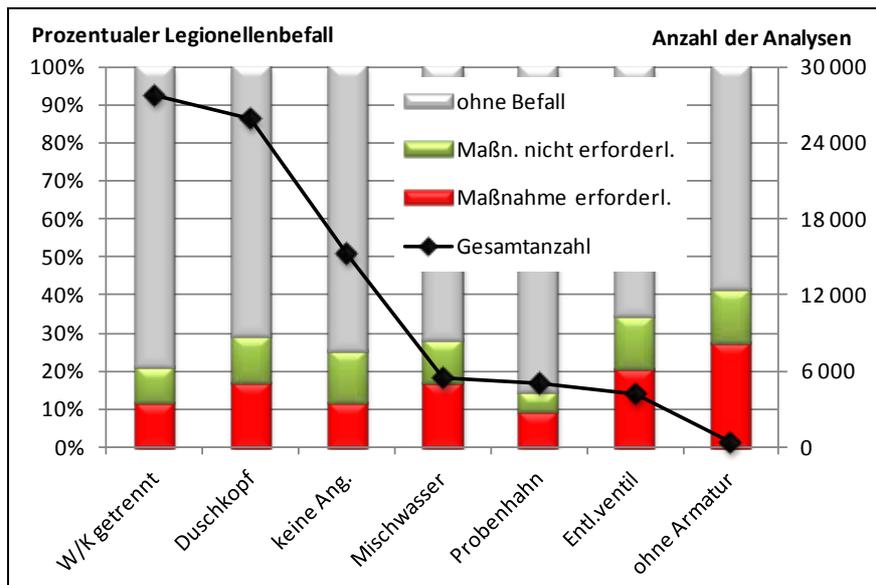


Abbildung 6-24: Statistik Armatur (Analysen)

Für die anderen Armaturenarten ergibt sich bei Unterersetzung hinsichtlich des Parameters „Platz“ folgendes Bild:

Armatur „W/K getrennt“ (27.703 Analysen)

- 19.432 Analysen Waschbecken
- 1.415 Analysen Spültisch
- 2.906 Analysen Dusche
- 1.151 Analysen Badewanne
- 1.269 Analysen Leitung
- 1.458 Analysen Behälter
- 72 Analysen ohne Angaben

Armatur „Mischwasser“ (5.484 Analysen)

- 1.747 Analysen Waschbecken
- 53 Analysen Spültisch
- 3.039 Analysen Dusche
- 98 Analysen Badewanne
- 32 Analysen Leitung
- 11 Analysen Behälter
- 27 Analysen ohne Angaben

Armatur „Duschkopf“ (25.913 Analysen)

- 25.568 Analysen Dusche
- 340 Analysen Badewanne
- 5 Analysen Leitung

Armatur „Probenhahn“ (5.028 Analysen)

- 14 Analysen Waschbecken
- 12 Analysen Spültisch
- 4.997 Analysen Leitung
- 5 Analysen Behälter

Der Armatur „Entleerungsventil“ (4.214 Analysen) wurden

- 3.481 Analysen Leitung,
- 604 Analysen Behälter,
- 104 Analysen ohne Angaben zum Platz zugeordnet.

Der Kategorie „ohne Armatur“ (338 Analysen) sind

- 7 Analysen Waschbecken
- 2 Analysen Spültisch
- 8 Analysen Dusche
- 1 Analyse Badewanne
- 247 Analysen Leitung
- 72 Analysen Behälter
- 1 Analyse ohne Angaben zum Platz zugeordnet.

Erwartungsgemäß dominieren bei der Armatur W/K getrennt die Plätze „Waschbecken“ und „Spültisch“, bei Duschkopf die „Duschen“ sowie bei Probenhahn und Entleerungsventil die „Leitungen“.

Geprüft werden konnte die korrekte Zuordnung zum Platz „Leitung“ in Abbildung 6-25. Sie entspricht der Summe aus keine Armatur vorhanden, Probenhahn und Entleerungsventil in Abbildung 6-24.

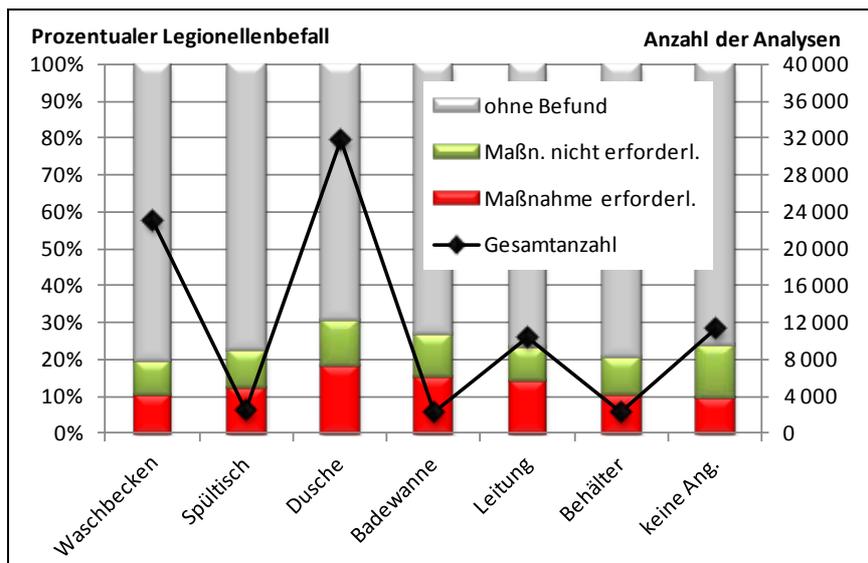


Abbildung 6-25: Statistik Platz der Probenahme (Analysen)

Da mehr als die Hälfte aller Analysedatensätze der Entnahmestelle TW/TWW entstammen, ist in Tabelle 6-3 eine detailliertere Auswertung hinsichtlich der „Armatur“ dargestellt.

Ca. 46 % aller Datensätze im Entnahmebereiche TW/TWW sind Duschköpfe. Davon entfallen jedoch nur 3.342 Analysen (=15 %) auf die Krankenhäuser. Von den ca. 40 % Entnahmen an Armaturen mit W/K getrennt entstammen fast 87 % Krankenhäusern. Abbildung 6-26 zeigt die Übersicht zu allen K100-Anteilen. Der prozentuale Anteil der K100-Befunde ist für Duschköpfe doppelt so hoch wie für die Armaturen mit W/K getrennt.

Tabelle 6-3: Statistik Armatur an Entnahmestelle TW/TWW für alle Analysen und Analysen aus Krankenhäusern KH

Armatur	Kurzbezeichnung	Gesamtanzahl	Proz. Anteil	Anz. KH	Proz. Anteil KH
0	ohne Armatur	34	0.1 %	8	23.5 %
1	W/K getrennt	19.242	39.6 %	16.659	86.6 %
2	Mischwasser	3.438	7.1 %	296	8.6 %
3	Duschkopf	22.410	46.1 %	3.342	14.9 %
4	Probenhahn	20	0.0 %	20	100.0 %
5	Entl.ventil	155	0.3 %	23	14.8 %
9	keine Ang.	3.297	6.8 %	1.152	34.9 %

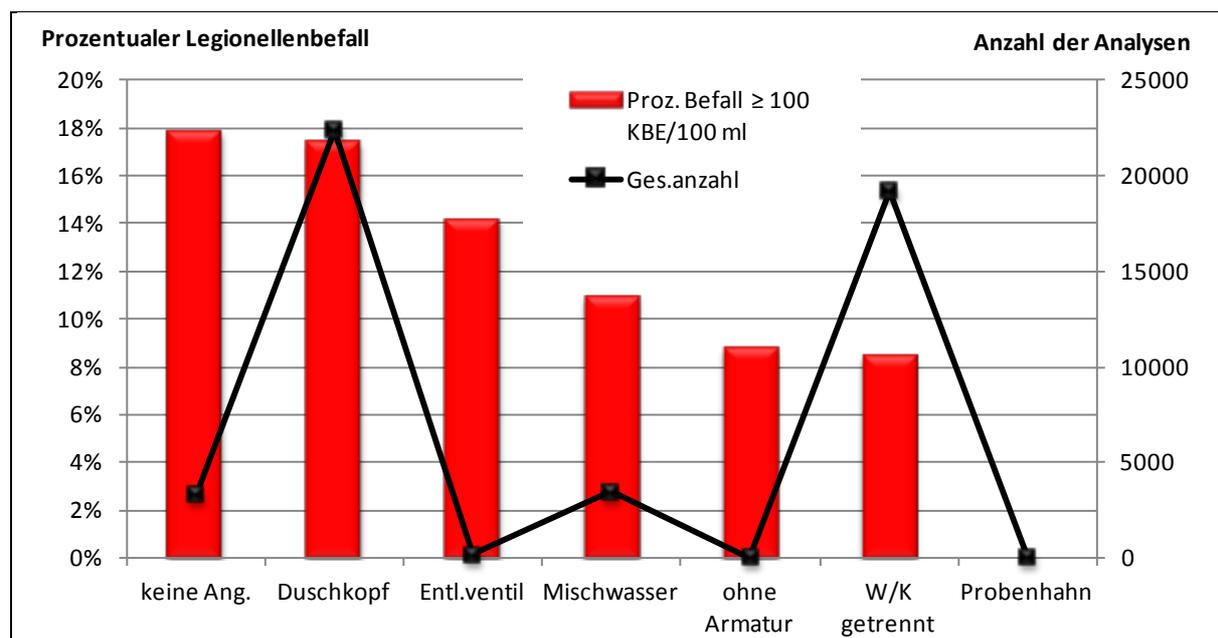


Abbildung 6-26: Prozentualer Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml nach Armatur für Entnahme TW/TWW (Analysen)

Vorstehende Auswertung und der Vergleich von Abbildung 6-25 und Abbildung 6-24 verdeutlicht, dass die Information zum Platz in der derzeitigen Nomenklatur wenig Erkenntnisgewinn bringt. Hier erscheint perspektivisch eine bessere Strukturierung des Parameters Armatur sowie die Einführung einer Raumkategorie (z. B. Badezimmer, Gemeinschaftsduschen, Küche, Abstellraum etc.) sinnvoller.

## 6.3 Einfluss ausgewählter Parameter auf die Statistik

### 6.3.1 Einfluss anlagentechnischer Parameter

Die in der Datenbank erfassten Informationen ermöglichen erste Antworten zur Veränderung der allgemeinen 5-Kelvin-Statistik nach Abbildung 5-6 bezgl. folgender Parameter:

1. Anlagen mit Trinkwarmwasser-Speichervolumen > 400 l
2. Betreiben der Zirkulation im on/off-Betrieb
3. Einfluss einer aktiven GLT-Überwachung

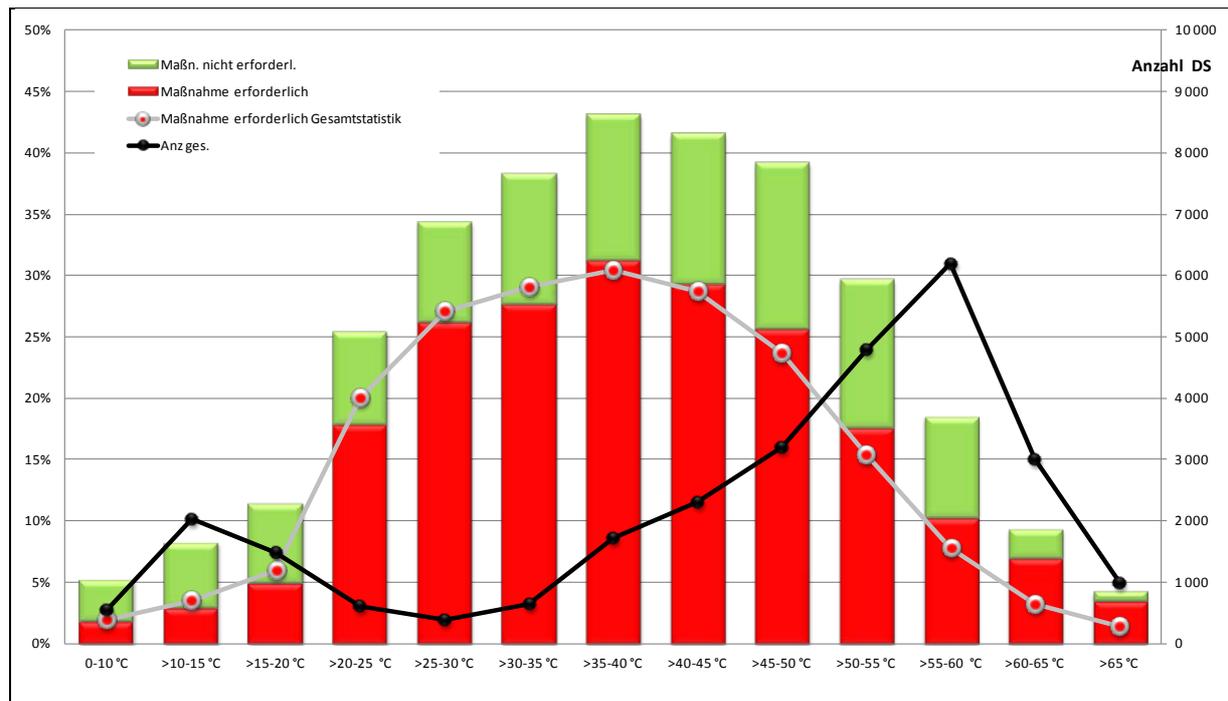


Abbildung 6-27 Statistik in 5-K-Bereichen für verwendbare Datensätze aus Anlagen mit TWW-Speichervolumina > 400 Liter

27.902 Datensätze entstammen Anlagen mit einem *Trinkwarmwasser-Speichervolumen* von > 400 l. Der auf der sekundären y-Achse der Abbildung 6-27 dargestellte Verlauf der in den 5-K-Bereichen vorliegenden Datensätze entspricht der Gesamtstatistik (siehe Abbildung 5-5). Auch der grundsätzliche statistische Funktionsverlauf der K100-Anteile folgt dem Verlauf der Gesamtstatistik (graue Linie-rote Punkte in Abbildung 6-27).

Der Auswertung in Abbildung 6-28 hinsichtlich der Anlagen mit aktivem *on/off-Betrieb der Zirkulation* liegen 3.073 Analysen aus 171 TWE-Anlagen zugrunde. Im Vergleich zur Gesamtstatistik kann gesagt werden:

- Das Maximum der vorliegenden Datensätze verschiebt sich vom 5-K-Bereich > 55 bis 60 °C um immerhin 15 Kelvin nach unten in den Bereich > 40 bis 45 °C.
- Dementsprechend liegen die K100-Werte im Bereich > 30 bis 45 °C signifikant über den prozentualen K100-Anteilen der Gesamtstatistik (graue Linie-rote Punkte)

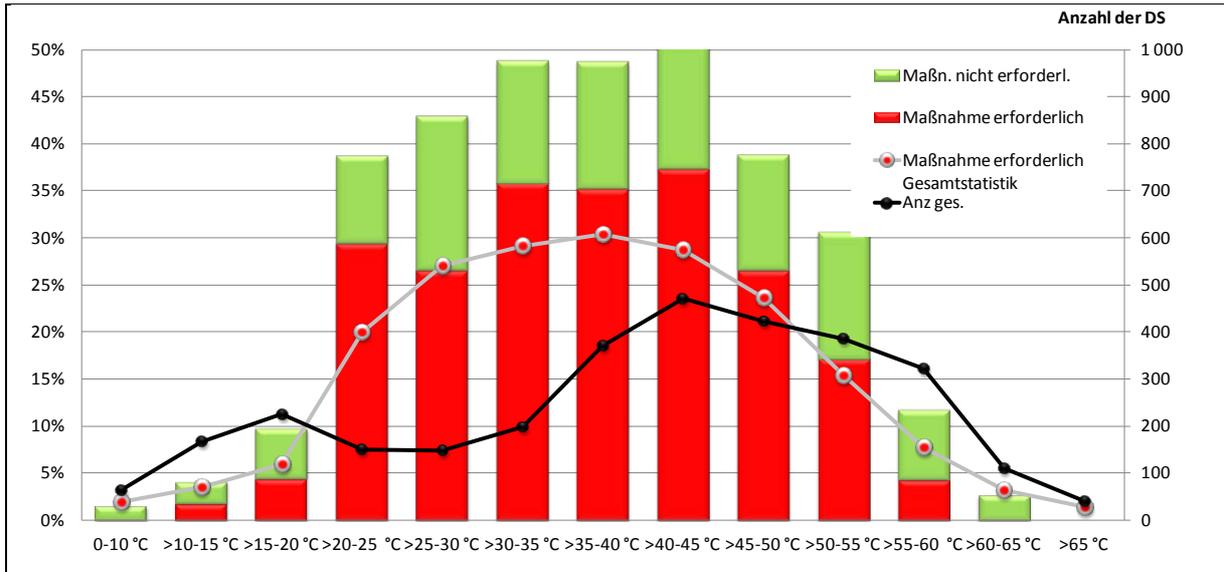


Abbildung 6-28: Prozentualer Legionellenbefall in 5-K-Bereichen für Datensätze aus Anlagen mit aktivem on/off-Betrieb der Zirkulation

Die vergleichende Auswertung hinsichtlich des Parameters *GLT* in Tabelle 6-4 zeigt eindrucksvoll, dass für Anlagen mit einer aktiven *GLT*-Überwachung der Trinkwarmwasser-Installation, bei immerhin 12.876 Datensätzen aus Krankenhäusern als statistische Basis (Datenlieferung IBW-H), nur für 3,2 % der Proben eine Überschreitung des technischen Maßnahmewertes vorliegt. Das deutet darauf hin, dass hier ein erhebliches Potential zur Minderung der Wahrscheinlichkeit des Wachstums von Legionellen besteht.

Tabelle 6-4 Auswertung des Parameters *GLT*

GLT	Datensätze	Anlagen	K2-99 (DS)		K100 (DS)	
<i>nicht vorh.</i>	3.230	6	249	7,7%	728	22,5%
<i>aktiv</i>	12.876	48	1.009	7,8%	418	<b>3,2%</b>
<i>keine Ang.</i>	67.488	5.688	8.090	12,0%	10.632	15,8%
	83.594	5.742	9.348	11,2%	11.778	14,1%

### 6.3.2 Einfluss des Ablaufvolumens vor Probenentnahme

Die umfanglich ausgewerteten Daten basieren auf unterschiedlichen Probenahmevervorschriften hinsichtlich des Ablaufvolumens. 1 % aller Analysen wurden als Sofortproben und 81 % nach Ablauf entnommen (s. a. Tabelle 6-5). Eine einheitliche Definition, was der Begriff „nach Ablauf“ bedeutet ist jedoch auf Grund der stark unterschiedlichen Probenahmevervorschriften nicht möglich. Es kann jedoch gesagt werden, dass bei der überwiegenden Zahl der Ablaufproben das Ablaufvolumen 5 und mehr Liter betrug.

Während die Auswertung hinsichtlich der Anteile ohne Befund (OB) sowie positiver Befunde K2-99 bzw. K100 im Trinkwasser (kalt) keinen Einfluss des Ablaufvolumens erkennen lassen, zeigen sich im Trinkwarmwasser doch bei den Sofortproben um fast 1/3 höhere K2-99 und K100-Anteile. Wie zu erwarten, erfasst die Sofortprobe nennenswerte Anteile der dezentralen Kontamination im Armaturenbereich.

Tabelle 6-5 Anzahl der Analysen nach Ablaufvolumen vor Entnahme

	sofort	nach Ablauf	ohne Angaben
<b>Anzahl (%)</b>	869 (1 %)	67.474 (81 %)	15.251 (18 %)

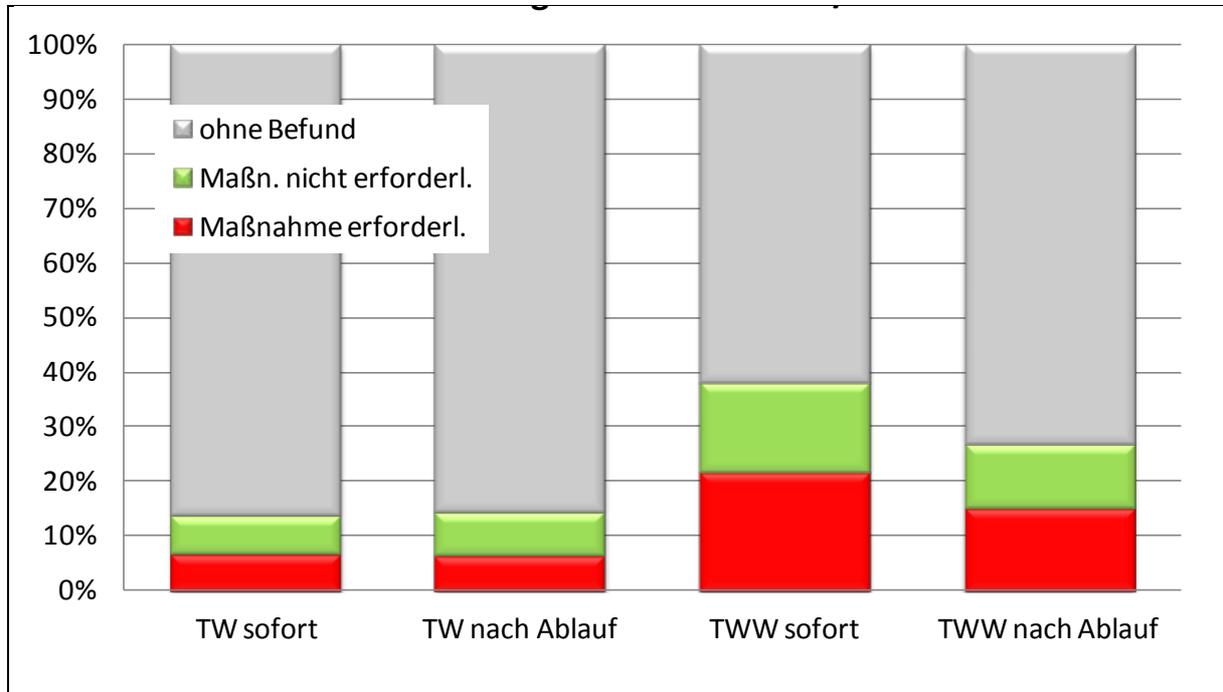


Abbildung 6-29: Prozentualer Legionellenbefall TW/TWW (OB, K2-99, K100) sofort bzw. nach Ablauf (Analysen)

### 6.3.3 Einflüsse der teilzentralen Kontamination

Zur direkten Zuordnung der endständigen Entnahmestellen zum jeweils beprobten Strang liegen leider keine Informationen vor. Ansonsten wäre es möglich gewesen zu überprüfen, ob bei den Ergebnissen mit Ablauf von mehr als 5 Litern die Ergebnisse der endständigen Entnahmen mit denen in den Strängen übereinstimmen. Da bei Einhaltung der 3-Liter-Regel nur Proben aus der zirkulierenden TWI entnommen werden, wäre bei Gleichheit der Ergebnisse darauf zu schließen, dass allein der Ablauf den Einfluss einer eventuellen dezentralen Kontamination minimieren bzw. kompensieren würde.

Trotzdem soll ein erster Vergleich für die 6.815 Proben (in 702 TWE-Anlagen) mit  $\geq 100$  KBE/100 ml an Entnahmestelle TW/TWW vorgenommen werden, die nachfolgend mit den K2 bzw. K100-Analysen- und Anteilen in den teilzentralen Anlagenteilen „Strang TWW“ und „Zirkulationsstrang“ verglichen werden.

#### Strang TWW

- 49 % (74 %) – 3.313 Analysen (522 TWE-Anlagen) keine Probe im Strang TWW
- 43 % (15 %) – 2.919 Analysen (108 TWE-Anlagen) sind auch im Strang TWW befallen, wobei bei 2.276 Analysen (82 TWE-Anlagen) der Befall  $< 100$  KBE/100 ml beträgt
- 8 % (11 %) - 583 Analysen (73 TWE-Anlagen) haben keinen Befall im Strang TWW

### Zirkulationsstrang

- 53 % (76 %) – 3.617 Analysen (533 TWE-Anlagen) keine Probe im Zirkulationsstrang
- 39 % (15 %) – 2.648 Analysen (107 TWE-Anlagen) sind auch im Zirkulationsstrang befallen, wobei bei 2.151 Analysen (77 TWE-Anlagen) der Befall < 100 KBE/100 ml beträgt
- 8 % (9 %) - 551 Analysen (61 TWE-Anlagen) haben keinen Befall im Zirkulationsstrang

Zieht man nur die Analysen heran, für die auch eine Strangbeprobung existiert, so wird der signifikante Einfluss der teilzentralen Kontamination in der TWW-Verteilung und der Zirkulation recht deutlich.

## 6.4 Objekthistorie

### 6.4.1 Allgemeines

Für 2.352 TWE-Anlagen existiert eine Objekthistorie, d. h. an einer TWE-Anlage wurde an mindestens zwei Terminen Proben genommen. Für ausgewählte Objekte wurde die jeweilige Anzahl der Probenserien zusammengestellt, wobei entsprechend der Analyseergebnisse wie folgt unterteilt wurde:

- 8 TWE-Anlagen, die bei der ersten Probenserie für mindestens eine Analyse einen K100-Befund aufweisen, haben bei folgenden Probenserien für keine Entnahmestelle positive Legionellenbefunde.
- 22 TWE-Anlagen, die bei der ersten Probenserie für mindestens eine Analyse einen K2-99-Befund aufweisen, haben bei folgenden Proben keinen Befall mehr.
- 1.367 (58 %) TWE-Anlagen haben bei der ersten Probenserie keinen nachweisbaren Befall an Legionellen, d. h. alle Analysen sind OB – Befunde zugeordnet ( $\leq 2$  KBE/100 ml). Diese wurde weiter gegliedert.
  - 931 TWE-Anlagen (ca. 68 % der TWE-Anlagen ohne Befall bei der ersten Probe) haben auch bei weiteren Proben keinen Befall.
  - 130 TWE-Anlagen weisen bei folgenden Probenserien lediglich K2-99-Befunde auf (< 100 KBE/100 ml) auf.
  - 306 TWE-Anlagen haben in mindestens einer Probe der nachfolgenden Probenserien einen K100-Befund (*Legionella* sp.  $\geq 100$  KBE/100 ml).
- 298 (13 %) TWE-Anlagen haben bei der ersten Probenserie keine K100-Befunde, jedoch in mindestens 1 Probe K2-99-Befund (2 KBE/100 ml < *Legionella* sp. < 100 KBE/100 ml).
- 687 (29 %) TWE-Anlagen weisen bereits bei der ersten Probenserie an mindestens einer Entnahmestelle einen K100-Befund auf. Sind in dieser ersten Probenserie bereits Trinkwarmwasser-Temperaturen unterhalb von 50 °C bzw. Trinkwassertemperaturen (kalt) oberhalb von 25 °C Ursache des Legionellenbefalls, so können streng genommen alle dieser TWE-Anlage zugeordneten Analysen zur Wertung der Zulässigkeit der Absenkung des Temperaturniveaus der TWW-Installation um 5 K dann nicht herangezogen werden, wenn es sich um Neuinstallationen handelt. Diese wären von Beginn an entgegen den a.a.R.d.T. betrieben worden. Da jedoch nur lückenhaft Informationen zum Baujahr existieren und somit auch keine eindeutige Information für al-

le derartigen TWE-Anlagen dazu generierbar ist, wurden diese Analyse-Datensätze für die Auswertungen der vorhergehenden Abschnitte verwendet.

#### 6.4.2 Nutzung der Objektcharakteristik zur Systembeurteilung - ausgewählte Beispiele

Eine umfassende Diskussion aller vorliegenden Objekthistorien würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Trotzdem soll an ausgewählten Objekten, für die eine Vielzahl von Probenserien vorliegen, eine mögliche Interpretation vorgestellt werden. Infolge des Fehlens von technischen Informationen (Schaltbild etc.) und der zwischen den Probenahmetagen getroffenen Maßnahmen tragen diese Interpretationen hypothetischen Charakter.

Ohne den nachfolgenden objektkonkreten Ausführungen vorgreifen zu wollen, kann gesagt werden, dass sich fast bei allen näher betrachteten Objekthistorien die Maßnahmen immer nur auf den Ort des höchsten Legionellenbefundes beziehen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auffällig, dass eine Beprobung der zentralen Entnahmestellen (*PS-Nr* 5,6) bzw. der teilzentralen Stränge (*PS-Nr* 100 ff, 200 ff, etc.) entfällt und über mehrere Probenserien nur noch endständige Entnahmen beprobt worden sind. Daraus ergibt sich, dass künftig eine konsequent geführte Objekthistorie notwendig ist und dadurch die Maßnahmenfindung wesentlich effektiviert werden kann.

##### Objekthistorie eines Pflegeheims

Das Pflegeheim wurde über einen Zeitraum von mehr als neun Jahren insgesamt 20mal nach Ablauf von 5 bis 10 Litern beprobt. Aus Abbildung 6-30 kann abgeleitet werden:

- Am ersten Probenahmetag wurden nur Zirkulationsstrang (200 ff) und endständige Entnahmestellen (300 ff) beprobt. Es liegt also keine vollständige orientierende Untersuchung vor. Alle Analysen ergaben keinen positiven Befund (primärer  $y$ -Wert  $\leq 2$  KBE/100 ml).
- Die zweite Probenserie nach ca. einem Jahr enthält nur Ergebnisse für endständige Entnahmestellen (300 ff), von denen jedoch mindestens eine nach Ablauf von 5 bis 10 Litern bei einer Temperatur von 49 °C einen Legionellenbefund von 2800 KBE/100 ml aufweist.
- Danach wurden Proben am Zirkulationsstrang (200 ff) sowie am TWW-Strang (100 ff) sporadisch entnommen und Temperaturen oberhalb von 54 °C gemessen. Die Befunde waren stets negativ. Die Probenserien 6 und 7 scheinen während einer Phase der thermischen Desinfektion entnommen zu sein.
- Trotz Ablaufens von 5 bis 10 Litern vor der Probenentnahme – es müsste eigentlich eine Qualität der 100 ff-Proben vorliegen - weisen die endständigen Entnahmestellen sehr oft positive Befunde deutlich über dem technischen Maßnahmewert auf. Insofern handelt es sich in diesem Objekt offenkundig um eine dezentrale Kontamination, die zu einem Befall des Wasserkörpers im nicht zirkulierenden Bereich von Bauteilen inkl. Armaturen führt.
- In der Probenserie 18 fällt die niedrige 300 ff-Temperatur bei gleichzeitigem Erreichen des technischen Maßnahmewertes auf. Ob es sich hierbei um eine TW-Probe handelt oder eine lange nicht genutzte endständige Entnahme ist nicht zu klären.
- Offenkundig konnte dem Problem jedoch nur mit hohen Temperaturen in den Strängen Zirkulation ( $> 55$  °C) und TWW (über 60 °C) begegnet werden.

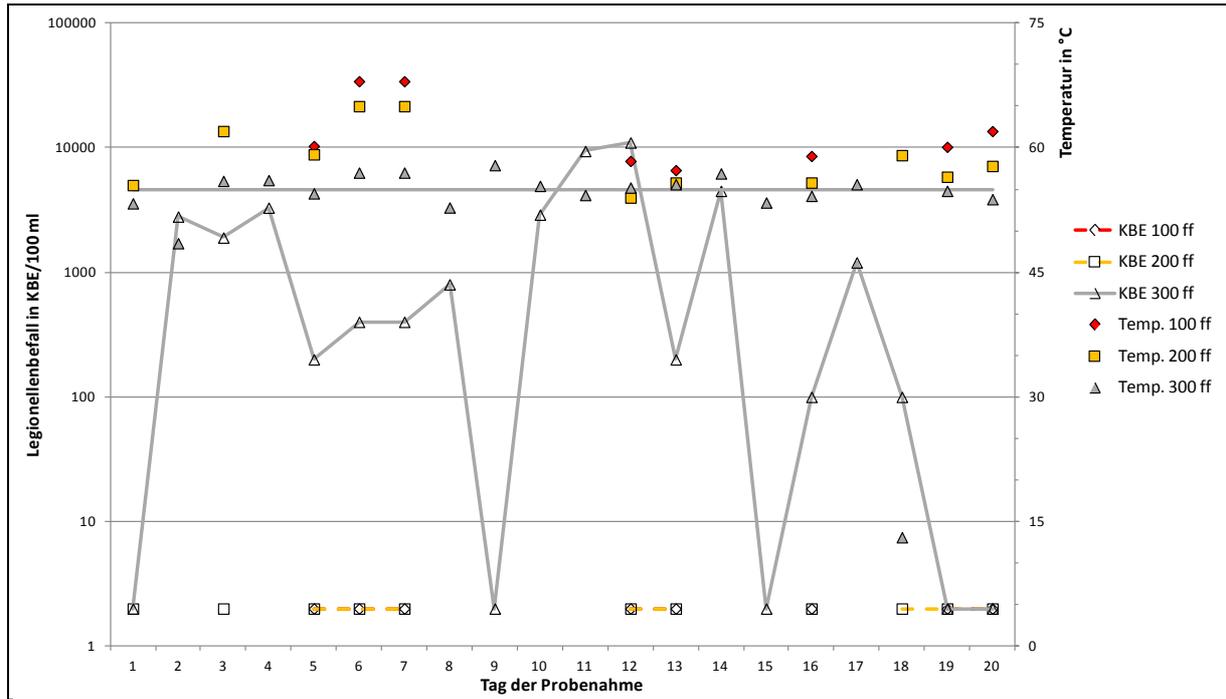


Abbildung 6-30: Objekthistorie TWE-Anlage 5055-1 (Pflegeheim, Probenahme am: 26.09.2002, 08.09.2003, 03.11.2003, 15.12.2003, 03.06.2004, 04.05.2005, 31.05.2006, 02.08.2006, 04.10.2006, 18.07.2007, 08.08.2007, 30.08.2007, 25.09.2007, 15.04.2008, 28.05.2008, 14.08.2008, 18.02.2009, 06.04.2009, 24.11.2009, 09.12.2010)

## Objekthistorie Firma 1

Die Firma 1 wurde über einen Zeitraum von mehr als 14 Jahren insgesamt 23mal nach Ablauf von 5 bis 10 Litern beprobt. Aus Abbildung 6-31 kann abgeleitet werden:

- Bis auf 2 Probenserien werden ausschließlich endständige Entnahmestellen (300 ff) beprobt. Bei Temperaturen oberhalb von 30 °C handelt es sich um TWW-Proben, unterhalb sind es TW-seitige Proben.
- Trotz deutlich über dem technischen Maßnahmewert liegender Befunde wurde jahrelang keine zentrale bzw. teilzentrale Entnahmestelle beprobt. Nur in den Serien 19 und 22 wurde der Trinkwasser (kalt)-Zulauf zum TWE beprobt, wobei die Untersuchung keinen positiven Befund für das zentrale Trinkwasser zeigt.
- Insofern bleibt unklar, ob es sich um eine rein dezentrale Problematik oder um eine mit vorgelagerten teilzentraler Kontamination handelt.

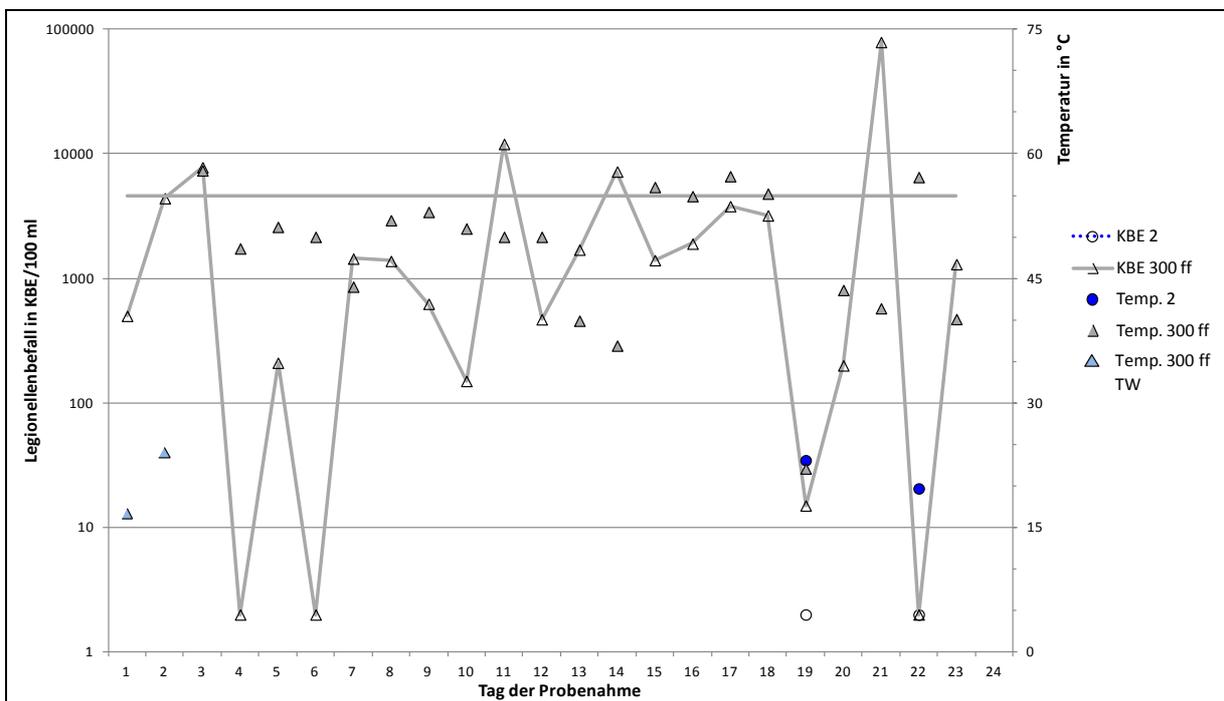


Abbildung 6-31: Firma 1 - Objekthistorie TWE-Anlage 5468-8 (Firma, Probenahme am:  
 17.03.1997, 24.07.1997, 10.11.1997, 01.10.1998, 12.05.1999, 05.07.1999,  
 22.02.2000, 10.04.2000, 09.05.2000, 30.11.2000, 06.02.2001, 26.04.2001,  
 22.02.2002, 04.11.2002, 16.12.2003, 22.03.2004, 16.02.2006, 24.04.2006,  
 21.06.2006, 22.08.2006, 04.12.2007, 19.10.2009, 04.10.2010)

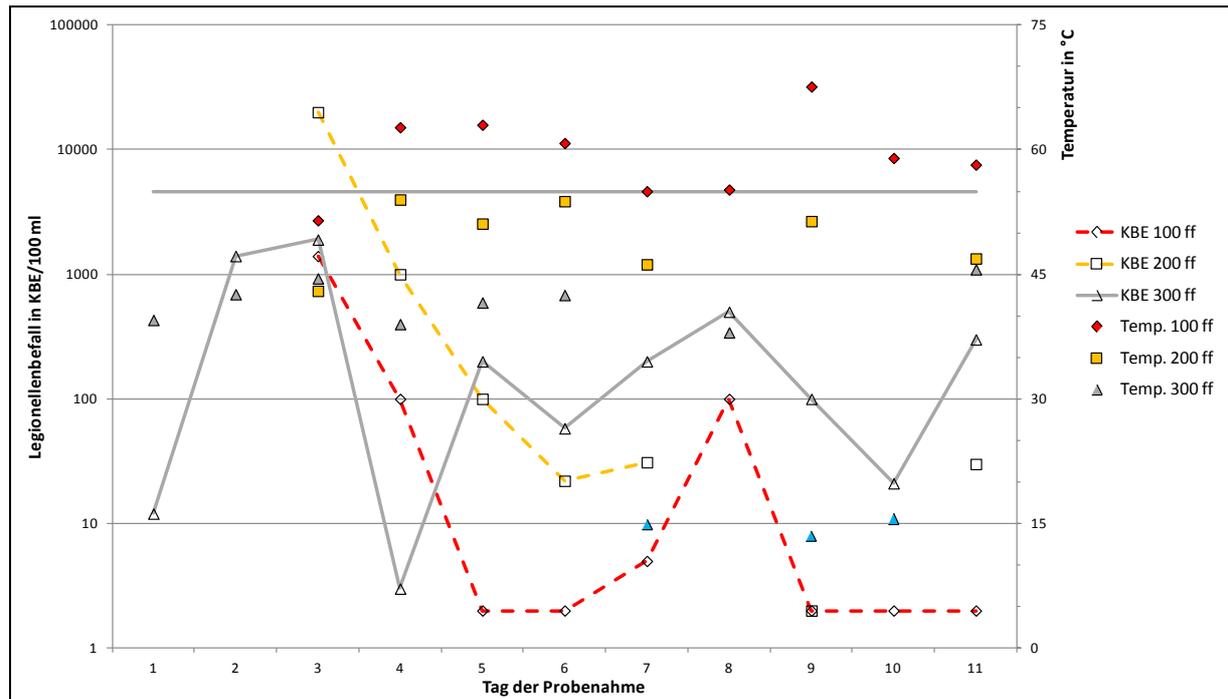


Abbildung 6-32: Firma 2 - Objekthistorie TWE-Anlage 5659-1 (Firma, Probenahme am: 17.10.2001, 05.02.2004, 27.05.2004, 09.02.2005, 10.08.2006, 10.10.2007, 30.07.2008, 04.12.2008, 15.10.2009, 27.09.2010)

### Objekthistorie Firma 2

Die Firma 2 wurde über einen Zeitraum von zehn Jahren insgesamt 11mal nach Ablauf von 5 bis 10 Litern beprobt. Aus Abbildung 6-32 kann abgeleitet werden:

- Die Probeserien 1 und 2 erfassen nur endständige Entnahmestellen (300 ff). Bei der Serie 1 werden bei 40 °C nur 12 KBE/100 ml gemessen. Probeserie 2 erfolgt erst nach ca. 2,5 Jahren und weist im Maximum einen Befund von 1400 KBE/100 ml bei 43 °C aus.
- Erst zur Überprüfung bei Probenserie 3 wurden zumindest die teilzentralen Entnahmen am Strang TWW (200 ff) und im Strang Zirkulation (200 ff) initiiert. Bei 42 °C im Strang Zirkulation und 52 °C im Strang TWW sind die hohen positiven Befunde folgerichtig.
- Das Anheben der Strangtemperaturen TWW auf  $\geq 60$  °C und Zirkulation auf  $\geq 55$  °C bewirkt ein Absinken auf Werte unterhalb des Maßnahmewertes, wobei nur der Strang TWW OB-Ergebnisse (also  $\leq 2$  KBE/100 ml) zeigt. Warum trotzdem das Temperaturniveau bis zur Probenahmeserie 7 deutlich abgesenkt wurde ist unklar. Insofern ist der erneute Anstieg des Legionellenbefalls folgerichtig.
- Die Proben 300 ff in den Serien 7, 9 und 10 sind TW-Proben, die für die Serien 7 und 9 den Maßnahmewert erreichen bzw. überschreiten. Auch alle TWW-Proben erreichen maximal 45 °C. Insofern sind die latent um den technischen Maßnahmewert schwankenden Analyseergebnisse erklärbar.
- Fazit: Ursächlich ist eine teilzentrale Kontamination die ggf. aus einem über mehr als drei Jahre andauernden Betrieb der Zirkulation im Bereich des optimalen Legionellenwachstums resultiert. Diese wird durch dezentral durchgängig niedrige TWW-Temperaturen verstärkt. Insofern ist die erneute Absenkung der Zirkulationstemperaturen für Probeserie 11 unverständlich.

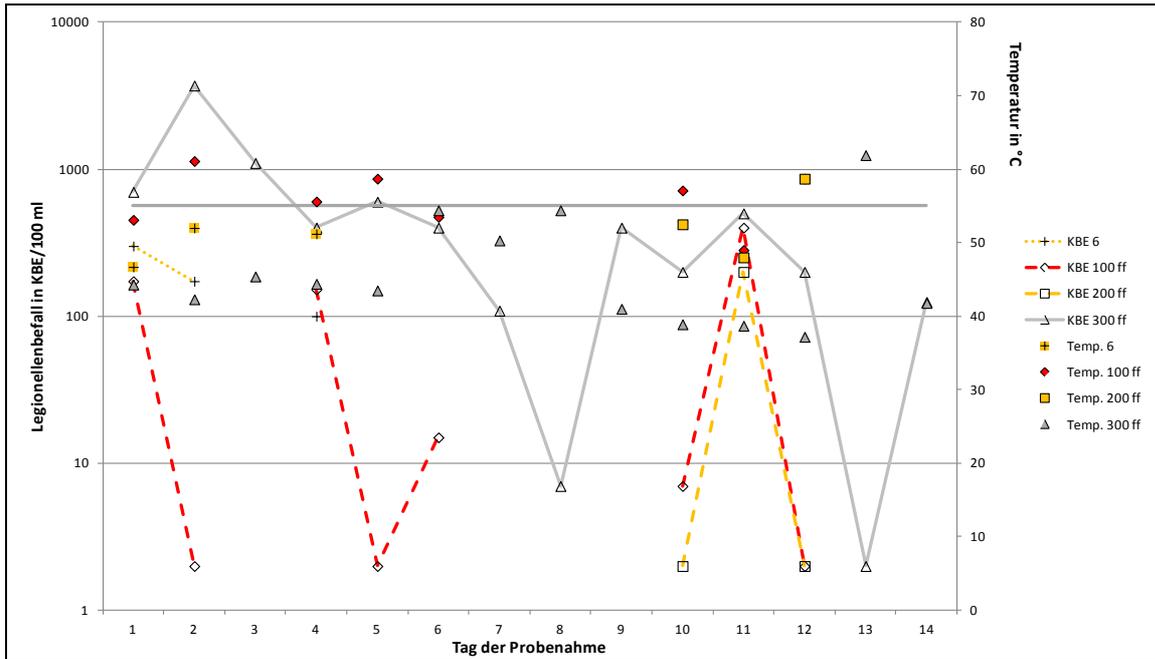


Abbildung 6-33: Objekthistorie TWE-Anlage 5685-1 (Gemeinschaftsunterkunft, Probenahme am: 06.11.2003, 14.01.2004, 19.02.2004, 26.04.2004, 21.07.2004, 20.10.2004, 29.12.2004, 14.04.2005, 18.05.2005, 21.02.2006, 24.01.2007, 04.07.2007, 19.07.2007, 24.04.2009)

### Objekthistorie Gemeinschaftsunterkunft

Die Gemeinschaftsunterkunft wurde über einen Zeitraum von sieben Jahren insgesamt 14mal nach Ablauf von 5 bis 10 Litern beprobt. Aus Abbildung 6-33 kann abgeleitet werden:

- Die Probeserie 1 entspricht weitestgehend einer orientierenden Untersuchung, zeigte jedoch ausschließlich K100-Befunde, die mit den im Bereich von nur 45 und 53 °C liegenden Temperaturen erklärt werden können.
- Durch Anheben der Strang TWW-Temperatur auf 61 °C waren dort keine positiven Befunde mehr nachweisbar. Für den Strang Zirkulation ist eine Anhebung von 45 auf 52 °C jedoch noch nicht ausreichend.
- Warum Probeserie 3 und viele weitere wieder nur endständige Ergebnisse aus der 300 ff-Gruppe enthalten, ist unverständlich. Hier wird von der beurteilenden Stelle offenkundig außeracht gelassen, dass auch unter dem Maßnahmewert liegende Befunde im zentralen oder teilzentralen Bereich bei der deutlich längeren Verweilzeit im dezentralen Bereich vermehrt K100-Befunde generieren. Als Beleg dafür kann die Änderung der Fahrweise nach Probeserie 10 gelten. Obwohl dezentral immer noch K100-Befunde (Temp. 39 °C!) generiert wurden, erfolgte eine Absenkung des Temperaturniveaus im teilzentralen Bereich um ca. 8 K auf unter 50 °C.
- Erst ein Anheben der 300 ff-Temperatur auf 62 °C in Serie 13 ergab erstmals OB-Ergebnisse. Warum aber nach zwei Jahren wieder „der alte Trott“ vorliegt, ist nicht zu verstehen.

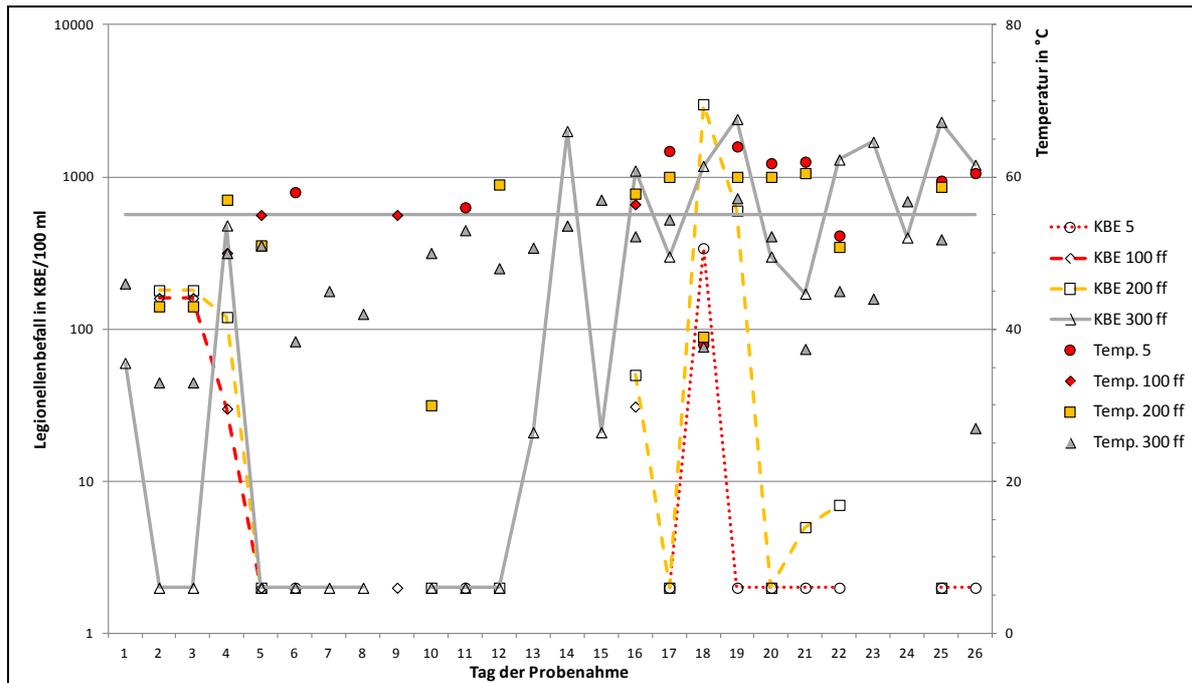


Abbildung 6-34: Krankenhaus 1 - Objekthistorie TWE-Anlage 5870-1 (Krankenhaus, Probenahme am: 11.02.1988, 25.03.1988, 16.10.1991, 12.01.1993, 16.02.1994, 20.04.1995, 23.04.1996, 24.03.1997, 16.02.1998, 20.08.1999, 04.07.2000, 28.02.2001, 03.02.2004, 03.03.2004, 22.03.2004, 30.08.2004, 09.12.2004, 07.04.2005, 24.10.2005, 05.04.2006, 10.11.2006, 18.11.2007, 20.11.2008, 04.12.2008, 24.02.2009, 01.10.2009, 01.12.2009, 26.10.2010)

### Objekthistorien Krankenhäuser

Das Krankenhaus 1 wurde über einen Zeitraum von 23 Jahren insgesamt 26mal nach Ablauf von 5 bis 10 Litern beprobt. Aus Abbildung 6-34 kann abgeleitet werden:

- Erst die Probenserie 2 entspricht weitestgehend einer orientierenden Untersuchung. Die Temperaturen in den Strängen TWW und Zirkulation liegen mit 45 °C genau an der Grenze zum optimalen Legionellenwachstum, sodass die K100-Befunde nahezu folgerichtig sind.
- Ein Anheben auf 50 °C (Serie 4) ist nicht ausreichend. Erst eine Anhebung auf eine 55/50-Fahrweise zeigte eine Wirkung (Serie 6).
- Warum im Jahr 2004 erst mit Probenserie 16 wieder die Lage im teilzentralen Bereich geprüft wird, kann nicht nachvollzogen werden.
- Es ist zu vermuten, dass sich bereits mit den extrem niedrigen Temperaturen um die 45 °C in den ersten vier Betriebsjahren eine teilzentrale systemische Kontamination etabliert hat (u.U. ausgeprägter Biofilm mit Einnistung von Legionellen), die eine dauerhafte Betriebsweise bei Temperaturen um die 60 °C erfordert. Extreme Unterschreitungen der Temperatur (Serie 18) führen sofort zu signifikanten K100-Befunden. Warum trotzdem nach Ablauf von 5 bis 10 Litern an der endständigen Entnahme diese Temperaturen nicht erreicht wurden, kann bspw. durch hydraulisch ungünstige Anbindung oder Überschreitung der 3-Liter-Regel begründet sein.

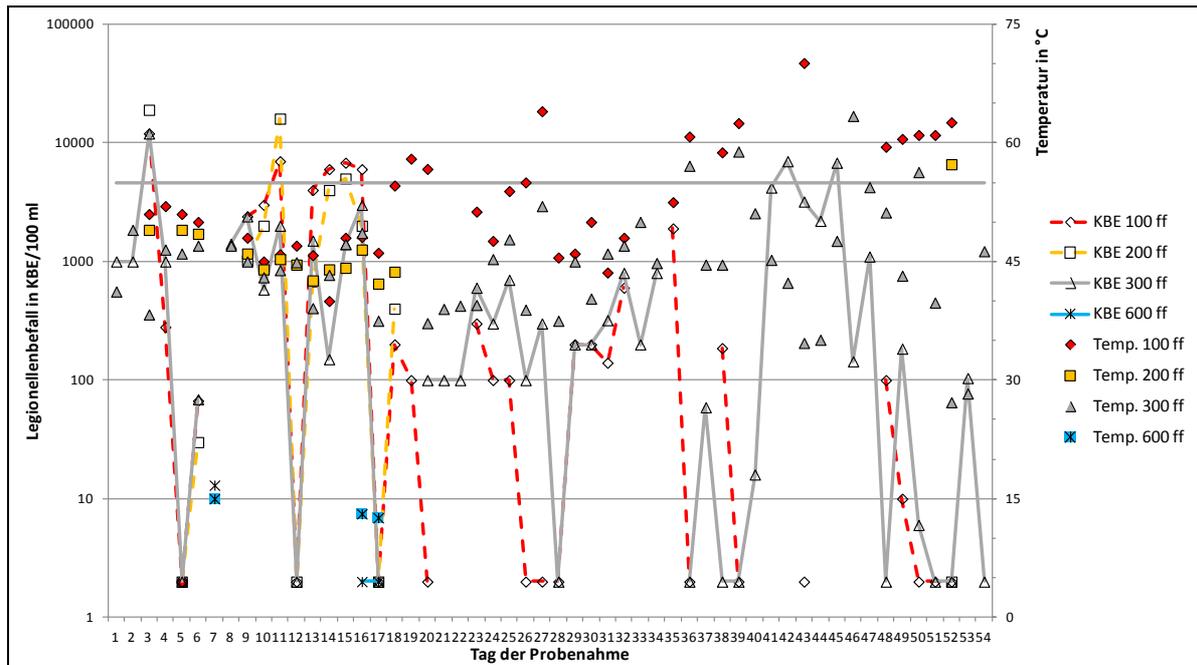


Abbildung 6-35: Krankenhaus 2 - Objekthistorie TWE-Anlage 5873-7 (Krankenhaus, Probenahme am: 11.02.1988, 24.03.1988, 18.10.1991, 08.10.1992, 02.03.1993, 16.03.1993, 26.04.1993, 01.12.1994, 13.09.1995, 28.09.1995, 06.11.1995, 29.11.1995, 15.12.1995, 10.01.1996, 31.01.1996, 28.02.1996, 22.08.1996, 05.05.1997, 22.10.1997, 10.06.1998, 19.11.1998, 30.11.1998, 08.12.1998, 27.04.1999, 31.05.2000, 24.10.2000, 30.10.2000, 02.03.2001, 15.04.2002, 12.11.2002, 27.03.2003, 15.10.2003, 16.10.2003, 03.03.2004, 01.04.2004, 21.04.2004, 04.10.2004, 05.10.2004, 03.11.2004, 25.11.2004, 12.04.2005, 19.05.2005, 27.03.2006, 16.05.2006, 22.05.2006, 06.06.2006, 23.08.2006, 25.09.2006, 17.10.2006, 01.11.2006, 24.11.2006, 11.01.2007, 16.04.2007, 24.09.2007, 22.10.2007, 18.09.2008, 02.03.2009, 01.04.2009, 14.09.2009, 11.02.2010, 25.08.2010, 31.08.2010)

Für Krankenhaus 2 (Abbildung 6-35) gilt Ähnliches, wobei insbesondere die extrem häufige Fahrweise im Strang TWW im Bereich 44 bis 50 °C sowie endständige Entnahmetemperaturen nach Ablauf von 5 bis 10 Litern im Bereich von 30 bis 45 °C mit folgerichtigen K100-Befunden auffallen.

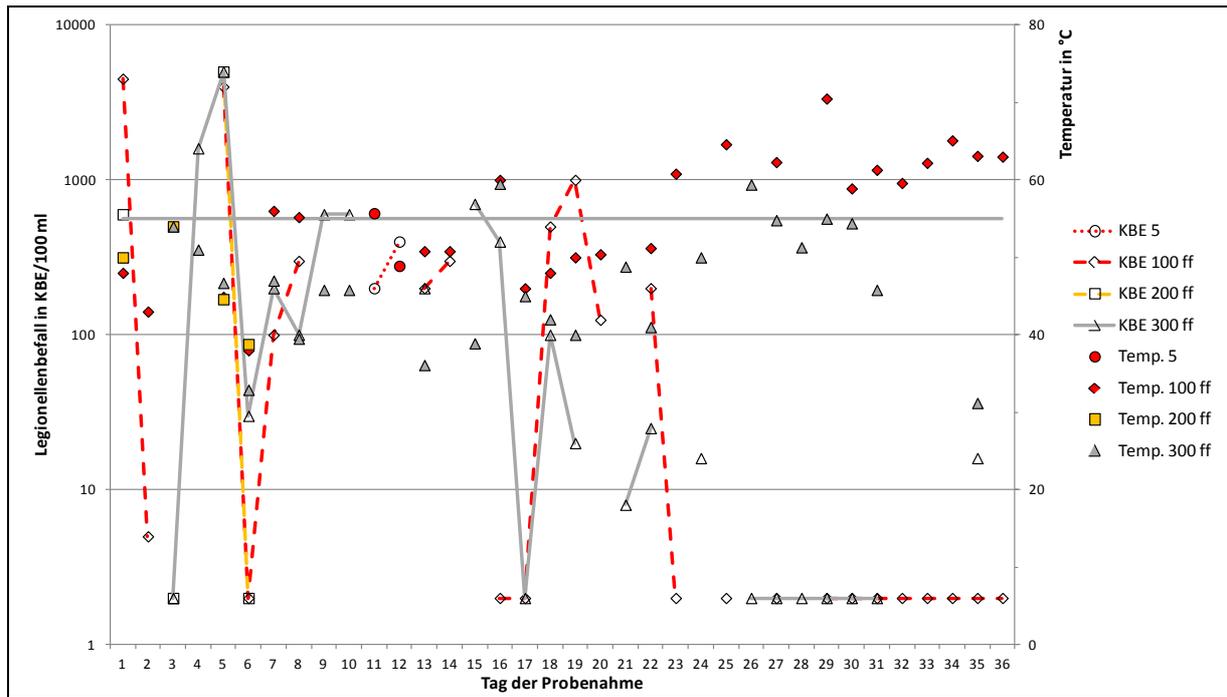


Abbildung 6-36: Krankenhaus 3 - Objekthistorie TWE-Anlage 5873-8 (Krankenhaus, Probenahme am: 18.10.1991, 08.10.1992, 02.03.1993, 01.12.1994, 28.02.1996, 22.08.1996, 22.10.1997, 10.06.1998, 19.11.1998, 30.11.1998, 08.12.1998, 27.04.1999, 31.05.2000, 24.10.2000, 30.10.2000, 02.03.2001, 15.04.2002, 12.11.2002, 27.03.2003, 15.10.2003, 16.10.2003, 03.03.2004, 01.04.2004, 04.10.2004, 05.10.2004, 25.11.2004, 12.04.2005, 16.05.2006, 25.09.2006, 16.04.2007, 24.09.2007, 18.09.2008, 02.03.2009, 14.09.2009, 11.02.2010, 25.08.2010)

Auch Krankenhaus 3 (Abbildung 6-36) fällt negativ durch jahrelangen Betrieb mit Temperaturen um die 45 °C in den Strängen TWW und Zirkulation auf. Ob Serie 6 nur deshalb bei wieder niedrigen Temperaturen nur OB- bzw. K2-99-Befunde aufweist ist ggf. auf Desinfektionsmaßnahmen nach Serie 5 zurückzuführen. Die TWW-Temperaturen wurden „halbherzig“ auf 55 °C erhöht. Trotz über dem technischen Maßnahmewert liegender Ergebnisse am Austritt des TWE in Serie 11 wurde wieder auf 55 °C abgesenkt. Die Wirkung ist in Serie 12 deutlich durch Anstieg der KBE-Konzentration zu sehen. Trotzdem fallen in Folge immer wieder TWW-Stränge mit Temperaturen um die 50 °C auf und erst nach konsequenter Anhebung auf ca. 60 °C wird das System scheinbar beherrscht.

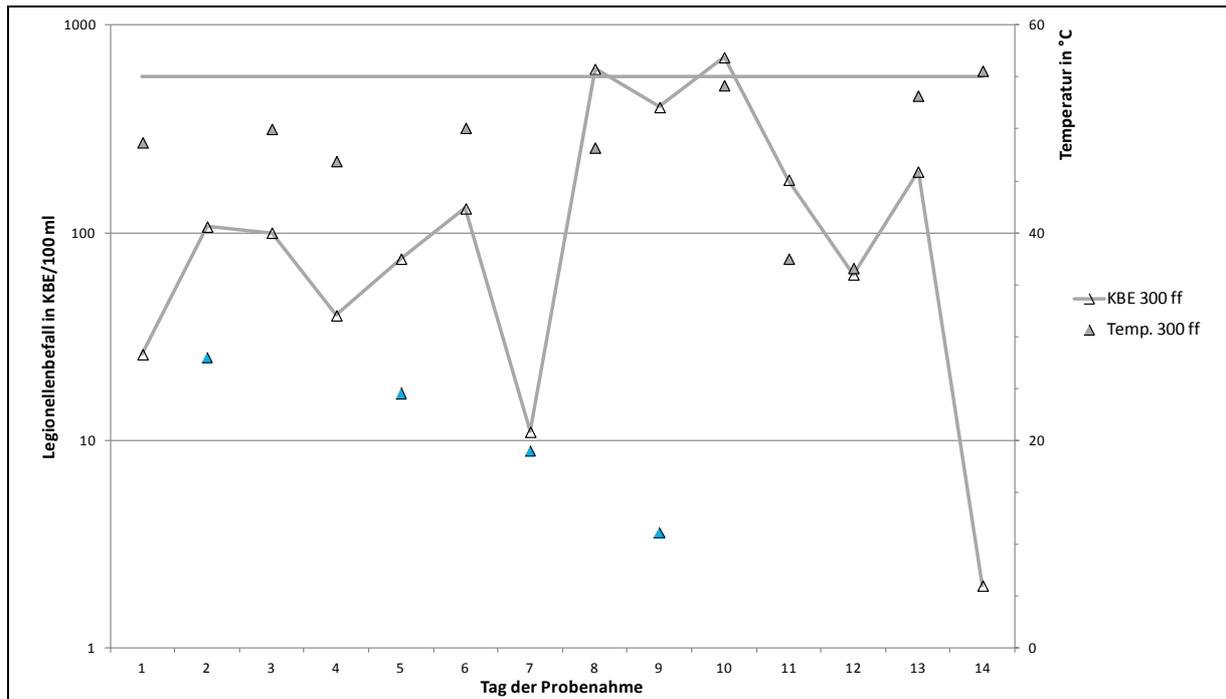


Abbildung 6-37: Objekthistorie TWE-Anlage 5945-1 (Schule, KiTa, Probenahme am: 05.03.1997, 25.06.1997, 27.01.1998, 15.06.1998, 10.05.1999, 17.05.2000, 07.09.2000, 29.01.2001, 15.02.2001, 15.01.2003, 24.02.2003, 30.10.2003, 18.10.2004, 07.03.2005)

### Objekthistorie Schule/KiTa

Für das Objekt 5945-1 (Schule/KiTa; Abbildung 6-37) liegen für die 14 Probenserien über 9 Jahre nur Ergebnisse endständiger Entnahmestellen vor. Für die blauen Markierungen der Temperatur ist bekannt, dass es sich um Trinkwasser (kalt)-Proben handelt. Hier scheint eine teilzentrale oder dezentrale Kontamination der hausinternen Trinkwasser-Installation vorzuliegen. Im endständigen Bereich werden erst 2005 55 °C gemessen. Diese Temperatur ermöglicht dann auch das erste Mal ein OB-Ergebnis im endständigen Entnahmebereich.

## **7 Untersuchung an ausgewählten Anlagen und neue Ergebnisse experimenteller Untersuchungen**

### **7.1 Allgemeines**

Dieser Teil des Vorhabens sollte sich ursprünglich ausschließlich mit der Untersuchung an ausgewählten Anlagen befassen, die trotz abgesenkten Temperaturniveaus auf der Trinkwarmwasserseite den technischen Maßnahmewert nach DVGW W 551 nicht überschreiten. Da im Großraum Dresden – wie nachfolgend gezeigt wird – keine Objekte gefunden werden konnten, die eine relevante Kontamination mit *L. pneumophila* aufwiesen, wurde dem projektbegleitendem Gremium des DVGW Zwischenbericht erstattet und die Beprobung von Solarthermie- und Wärmepumpenanlagen in Zusammenarbeit mit im BDH organisierten Unternehmen vorgeschlagen. Es wurde darauf hingewiesen, dass es nicht zielführend ist, wenige prospektive Daten mit der hohen Anzahl im FuE-Vorhaben statistisch aufbereiteter retrospektiven Daten zu vergleichen und deshalb prospektiv untersuchte Anlagen nur einen geringen Erkenntnisgewinn in der Laufzeit des Projektes ermöglichen würde.

Insofern beschränkt sich die nachfolgende Ausführung ausschließlich auf die Dokumentation von drei untersuchten Anlagen sowie eine ergänzend integrierte in-vitro-Untersuchung die erste Antworten auf die mit dem ursprünglichen Untersuchungsansatz beabsichtigten Erkenntnisgewinn erlauben. Diese Untersuchungen wurden federführend und verantwortlich vom Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene an der Medizinischen Fakultät der TU Dresden bearbeitet. Die nachfolgenden Abschnitte des Kapitels 7 sind vollständig dem Bericht [Lück12] entnommen und wurden lediglich hinsichtlich der Nummerierung und Querverweise sowie in geringem Umfang redaktionell angepasst.

### **7.2 Mikrobiologische und molekularbiologische Untersuchungen an Wassersystemen**

#### **7.2.1 Methodik**

Ziel dieser Untersuchung war es, Hausinstallationen zu charakterisieren, die als Modellsysteme für Felduntersuchungen geeignet sind. Gegebenenfalls sollten die Betriebstemperaturen dieser Installationen verändert werden. Damit sollten Aussagen möglich sein, ob und in welchem Ausmaß Veränderungen der Temperatur Einfluss auf das Vorkommen und die Menge an Legionellen in diesen Systemen besitzt. Es wurden 7 Objekte mehrfach mittels Kulturverfahren (ISO 11731) und molekularbiologischer Verfahren ([Lee11]; [Miyamoto97]) auf Legionellen untersucht. Weiterhin wurden Kulturmethoden und molekularbiologische Verfahren zum Nachweis von Amöben eingesetzt. Die untersuchten Volumina betragen jeweils mindestens 2 l. Hierdurch wurde eine erhebliche Steigerung der Sensitivität des Nachweises erreicht.

In vier der untersuchten Systeme konnten weder mittels Kultur noch mittels PCR Legionellen nachgewiesen werden. Diese Systeme wurden mit einer Betriebstemperatur von  $> 60\text{ °C}$  im Auslauf aus dem Boiler (Trinkwarmwasser-Speicher) entsprechend der Vorschriften nach DVGW betrieben. Es kann davon ausgegangen werden, dass in diesen Systemen keine Legionellen vorhanden waren. Diese These ist insbesondere dadurch begründet, dass sehr große Volumina  $> 2\text{ l}$  mittels PCR untersucht wurden.

## 7.2.2 Gebäude der Energietechnik

Ein Gebäude der Energietechnik wurde einmalig untersucht. Es wurde jeweils eine „Sofortprobe“ (entspricht Zweck C nach DIN EN ISO 19458, Tabelle 1) und eine 5-min-Probe (entspricht weitgehend dem Zweck B nach DIN EN ISO 19458) entnommen. Insgesamt wurden sechs Entnahmestellen beprobt. Die Ergebnisse (Tabelle 7-1) zeigen, dass in drei der Sofortproben *L. anisa* in geringen Konzentrationen vorhanden war. Im System, bei Untersuchung nach der aktuellen Trinkwasserverordnung, sind keine Legionellen über dem aktuellen Maßnahmewert nachzuweisen.

Tabelle 7-1 Kultureller Nachweis von Legionella Spezies an sechs repräsentativen Entnahmestellen des Gebäudes ET

Proben-Nr.	Art der Wasserprobe	Entnahmeort	Temp. (°C)	KBE* /100 ml	Typisierung
1a	Sofortprobe	Kaltwasserzulauf des Trinkwasser-Erwärmers (Keller)	46,8	0	-
1b	5 min Probe	Kaltwasserzulauf des Trinkwasser-Erwärmers (Keller)	33,1	0	-
3.1a	Sofortprobe	Entnahmearmaturen wenig entfernte Entnahmestellen (Herren-WC)	32,4	0	-
3.1b	5 min Probe	Entnahmearmaturen wenig entfernte Entnahmestellen (Herren-WC)	54,5	0	-
3.2a	Sofortprobe	Entnahmearmaturen weit entfernte Entnahmestelle (Behinderten-WC)	20,9	3800	<i>L. anisa</i>
3.2b	5 min Probe	Entnahmearmaturen weit entfernte Entnahmestelle (Behinderten-WC)	53,2	0	-
4a	Sofortprobe	Zirkulationseintritt in den Trinkwasser-Erwärmer (Keller)	51,8	0	-
4b	5 min Probe	Zirkulationseintritt in den Trinkwasser-Erwärmer (Keller)	50,9	0	-
5a	Sofortprobe	Kaltwasseraustritt (Keller-Hahn)	19,4	100	<i>L. anisa</i>
5b	5 min Probe	Kaltwasseraustritt (Keller-Hahn)	18,7	0	
6a	Sofortprobe	Kaltwasseraustritt (R.425-Regenerative Energie)	21,6	1000	<i>L. anisa</i>
6b	5 min Probe	Kaltwasseraustritt (R.425-Regenerative Energie)	13,7	0	

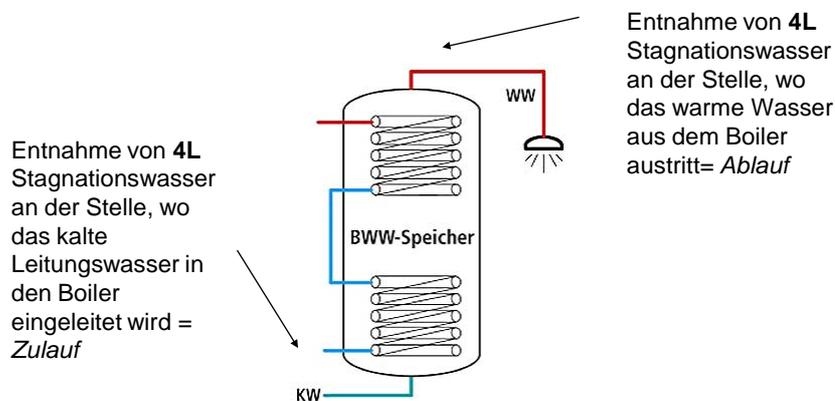
Erklärungen: \* Kolonie bildende Einheit

Bei *L. anisa* handelt es sich um eine der mittlerweile 56 non-pneumophila Spezies, die sehr häufig in Wassersystemen gefunden werden kann. Diese Spezies verursacht sehr selten Infektionen, und dies ausschließlich bei vorgeschädigten Patienten. Dennoch gilt, dass alle Legionella Spezies in der Risikogruppe 2 nach Biostoffverordnung eingestuft sind. Damit unterliegen alle Legionella Spezies den gleichen Sicherheitsanforderungen.

Eine Verminderung der Temperatur, um ein mögliches „Aufwachsen“ der Legionellen zu provozieren, wurde nicht in Erwägung gezogen, da eine ausschließlich periphere Kontamination vorhanden war. Auch sprachen Sicherheitsbedenken, da es sich um ein sehr großes, von vielen Mitarbeitern frequentiertes Gebäude handelt, gegen diese Maßnahme.

### 7.2.3 Wohngebäude AL

Als weiteres System wurde ein Wohnhaus (Wohngebäude AL) mit insgesamt acht Wohneinheiten untersucht. In diesem Gebäude wurden nur der Eintritt des Trinkwassers (kalt) in den Warmwasserspeicher und der Austritt der Warmwasserversorgung insgesamt viermal beprobt. Die Probenentnahmestellen sind in Abbildung 7-1 schematisch dargestellt. Es wurden zwischen 2 und 4 l Wasser entnommen, damit neben der kulturellen Untersuchung auch die molekularbiologische Untersuchung möglich war. Die Untersuchung peripherer Entnahmestellen erfolgte nicht, da dies nur in vermieteten Wohnungen möglich gewesen wäre.



Während der Probenahme die Temperaturmessung:

Zulauf: 24,1°C- 25,6°C
Ablauf: 51,1°C – 58,6°C

Abbildung 7-1 Schema der Probenahme im Gebäude AL

In diesem System (Wohngebäude AL) waren kulturell keine Legionellen nachweisbar. Mittels PCR konnte Nukleinsäure von nicht-pneumophila-Legionellen detektiert werden. Die Sequenzanalyse der amplifizierten DNA ergab mit 97 % Übereinstimmung *L. impletisoli*. Es konnte nach den vorliegenden Daten nicht sicher gesagt werden ob es sich um eine neue Spezies oder um eine Variante von *L. impletisoli* handelt. Aus diesem Grunde wurde diese DNA in *E. coli* kloniert und anschließend 15 Klone mittels Sequenzanalyse charakterisiert. Hierbei zeigte sich, dass die Spezies *L. dresdenensis* [Lück10] und *L. erythra* in diesen Wassersystemen vorkommen. Nukleinsäure der häufigen Spezies *L. pneumophila* konnte nicht detektiert werden (Abbildung 7-2).

Im gleichen Wassersystem wurde mittels PCR Amöben-DNA in geringen Mengen nachgewiesen. Die genaue Artbestimmung durch Sequenzanalyse war nicht möglich (Abbildung 7-2).

Auch für dieses System wurde es als nicht zielführend angesehen, die Betriebstemperatur zu senken. Die im System vorkommenden Legionella Spezies sind schlecht kultivierbar. Damit wäre eine Überwachung ihrer möglichen Vermehrung nach Absenkung der Temperatur nicht sicher möglich.

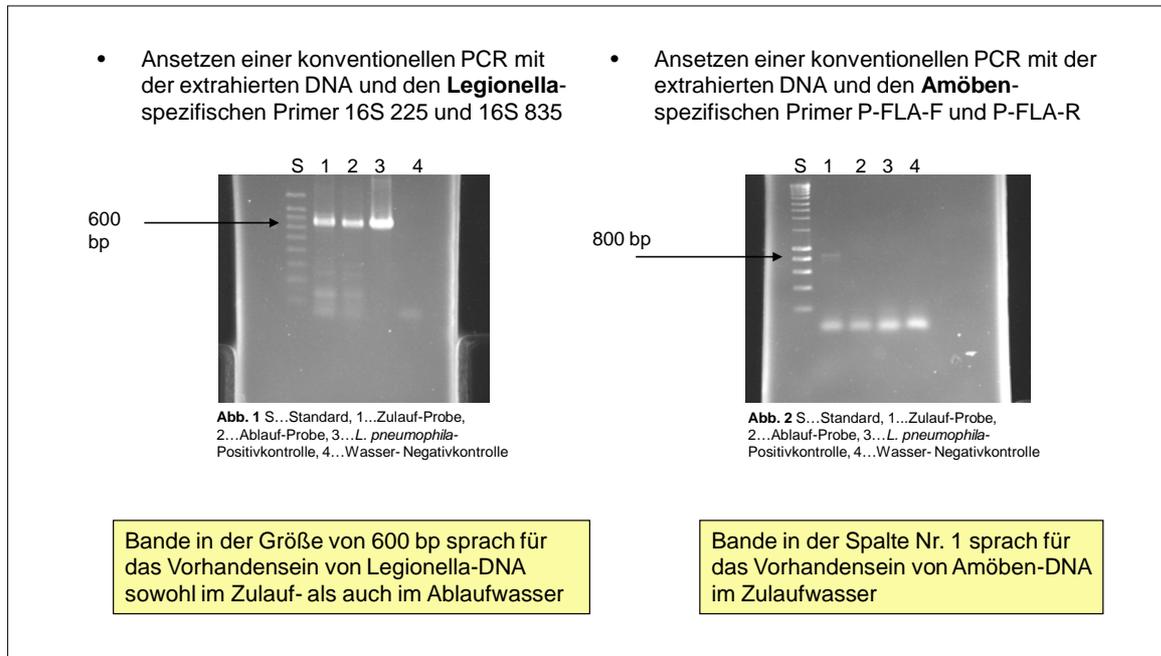


Abbildung 7-2 DNA-Extraktion und PCR-Nachweis aus je 2 l Wasser mittels Gene-System Extraktionsgerät

#### 7.2.4 Gebäude MTZ

Als drittes Modellobjekt wurde ein Flügel des Gebäudes MTZ untersucht. Aufgrund installationstechnischer Probleme kann die gegenwärtige Betriebstemperatur nicht über 45° C angehoben werden. Es wurden 2 l Wasserproben untersucht, die nach Erreichen der Temperaturkonstanz (nach ca. 8-10 min) entnommen wurden. In den Proben wurde *L. pneumophila* Serogruppe 1, in Mengen zwischen 750 und 360 KBE/ 100 ml nachgewiesen.

Sowohl mittels Kultur als auch durch molekularbiologische Untersuchungen konnten Amöben der Spezies *Hartmanella vermiformis* nachgewiesen werden.

Da geplant ist, in diesem Flügel des MTZ einen technischen Umbau zu realisieren, der es ab Mitte 2012 ermöglicht, die Betriebstemperatur auf die erforderlichen 60/55 °C zu erhöhen, kommt dieses Objekt ebenfalls für Untersuchungen mit abgesenkter Betriebstemperatur nicht infrage.

### 7.3 In-vitro Untersuchungen zur Empfindlichkeit von Legionellen gegenüber verschiedenen Temperaturen.

Es konnte im Projektzeitraum kein Wasserversorgungssystem identifiziert werden, indem ohne Erhöhung eines möglichen Risikos für Bewohner und Nutzer eine Absenkung der Betriebstemperatur möglich gewesen wäre. Daher wurden in-vitro Untersuchungen geplant und durchgeführt, die zumindest teilweise Antwort auf die aufgeworfenen Fragen geben.

Es wurden künstliche Mikrokosmen eingesetzt, die die natürliche Situation in einem Warmwasserversorgungssystem realistisch widerspiegeln. Hierzu wurden 1 l Volumina aus der Warmwasserversorgungsanlage eines Gebäudes in Glaskolben abgefüllt und für drei Wochen bei 37° in einem Schüsselinkubator bebrütet. Nach dieser Zeit etabliert sich eine Mikroflora bestehend aus Amöben der Spezies *Hartmanella vermiformis*, heterotrophen Bakterien und *L. pneumophila*, Serogruppe 1. Die Keimzahlen der heterotropen Bakterien schwanken zwischen  $10^4$  bis  $10^5$  KBE pro Milliliter, die Legionella Keimzahlen liegen bei etwa 100/ml (10 000 /100 ml). In diesen Systemen ist es also möglich, Legionellen unter natürlichen Bedingungen, d. h. nur durch Vermehrung in Amöben zu propagieren.

Im ersten Versuchsansatz wurden drei dieser Mikrokosmen über acht Wochen bei 37 °C, 50 °C bzw. 55 °C bebrütet und im wöchentlichen Abstand Kulturen auf heterotrophe Bakterien und Legionellen angelegt. Wie in Abbildung 7-3 gezeigt, überlebten Legionellen bei 37 °C für diesen Zeitraum in nahezu unveränderten Mengen. Bei 50 °C bzw. 55 °C waren bereits nach sieben Tagen keine Legionellen mehr nachweisbar. Dieses Ergebnis zeigt, dass natürlich gewachsene Legionellen bei Temperaturen von 50 °C und 55 °C nicht überleben.

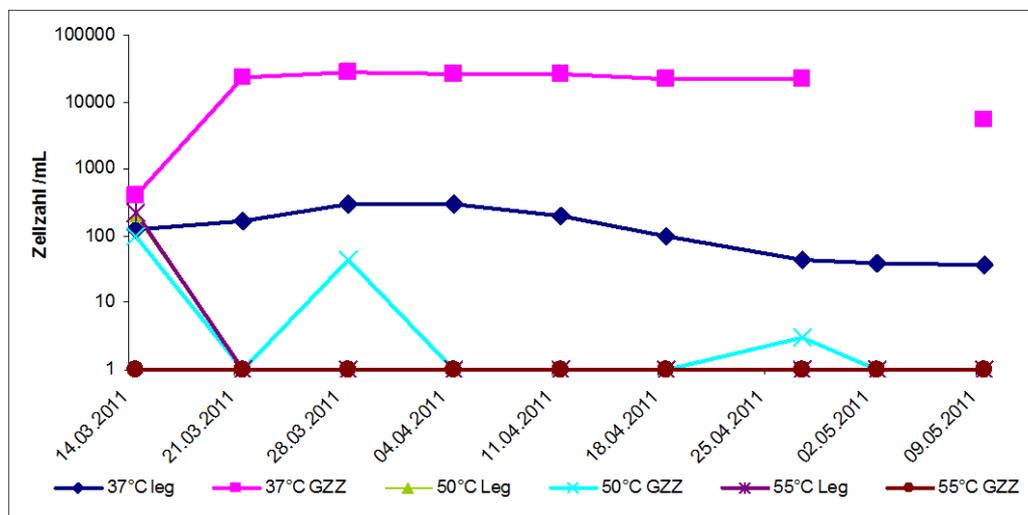


Abbildung 7-3 Überleben/Abtötung von natürlich gewachsenen Legionellen bei 37 °C, 50 °C und 55 °C (GZZ = Gesamtzellzahl)

In einem zweiten Versuchsansatz wurde geprüft, ob die Legionellen bei 50 °C und 55 °C abgetötet waren oder nur reversibel im Wachstum gehemmt waren. Hierzu wurden die Kolben mit den Mikrokosmen, die vorher bei 50 °C und 55 °C inkubiert worden waren bei

37 °C für weitere drei Wochen bebrütet. Regelmäßig angelegte Kulturen zeigen kein Wachstum von Legionellen. Es kann daher gefolgert werden, dass die natürlich gewachsenen Legionellen bei 50 °C und 55 °C irreversibel geschädigt sind.

Diese in-vitro Versuche lassen sich nicht uneingeschränkt auf die Situation in Hausinstallationen übertragen. Sie zeigen jedoch, dass bei einer permanenten Temperatur von mindestens 50 °C über mindestens eine Woche kein Überleben von natürlich gewachsenen Legionellen möglich ist.

## 8 Erkenntnisse, Empfehlungen, Ausblick

Das Forschungsvorhaben hat sich zum Ziel gesetzt, erste Erkenntnisse zu generieren, ob für Trinkwarmwasser-Installationen eine Absenkung des Temperaturniveaus um ca. 5 K möglich ist. Basis bildeten die von den sechs Partner-Institutionen gelieferten 75.107 verwendbaren und 8.487 bedingt verwendbaren Datensätze.

Die im Projekt erarbeitete und mit dem projektbegleitenden Ausschuss abgestimmte neuartige Datenbankstruktur sowie erstellte Auswertungsmethoden wie die Objekthistorie wurden nicht nur mit Blick auf bereits heute vorhandene Informationen aufgestellt sondern sollen perspektivisch eine bessere Beurteilung von Systemen und Einflussfaktoren ermöglichen.

Die Datenbank umfasst derzeit Informationen zu 5.337 Objekten und differenziert in 5.742 Trinkwasser-Erwärmungssysteme (TWE-Systeme). Dabei gibt es 5.162 Objekte, die nur ein TWE-System besitzen, 79 denen zwei und 95 denen drei oder mehr TWE-Systeme zuzuordnen sind.

Die umfangreiche statistische Auswertung der Zusammenhänge von zwei und mehreren Parametern sowie der zugehörigen Temperaturen der Probenahme konzentriert sich auf die Zuordnung der Ergebnisse der Laboruntersuchungen hinsichtlich des Parameters *Legionella* sp. zu folgenden drei Gruppen:

**OB Ohne Befund**

Anzahl der Analysen mit *Legionella* sp.  $\leq 2$  KBE/100 ml

**K2-99 Maßnahme nicht erforderlich**

Anzahl der Analysen mit  $2 \text{ KBE/100 ml} < \text{Legionella sp.} < 100 \text{ KBE/100 ml}$

**K100 Maßnahme erforderlich**

Anzahl der Analysen mit *Legionella* sp.  $\geq 100$  KBE/100 ml

Als großer Nachteil erwies es sich, dass für keine der Trinkwarmwasser-Installationen Schaltbilder vorhanden sind. Außerdem existieren für keinen Analyse-Datensatz Analyseergebnisse sowohl für die Beprobung Trinkwasser (kalt) als auch für die Beprobung Trinkwarmwasser an einer endständigen Entnahmestelle. Folgerichtig konnte nur die in Abbildung 6-11 dargestellte Nomenklatur für die Zuordnung der Entnahmestellen zu einer einheitlichen Systematik Anwendung finden. Diese Fakten führen dazu, dass die direkte Zuordnung einer dezentralen Entnahmestelle zu einem definierten Strang der Trinkwarmwasser- bzw. Trinkwasser-Installation nicht möglich ist.

Es kann somit nur allgemein auf das Vorliegen einer teilzentralen bzw. dezentralen Kontamination geschlossen werden, jedoch ist nicht recherchierbar, ob es sich dabei z. B. um weit entfernte Entnahmestellen bzw. Stränge handelt.

Als wesentliche Erkenntnisse zu den vier von EXNER definierten und in Abschnitt 3.1 erläuterten Kategorien der Kontamination mit *Legionella* sp. werden nach umfangreicher Auswertung der gelieferten Analyse-Datensätze und ausführlicher Darstellung und Diskussion folgende wichtige Fakten am Beispiel der K100-Befunde zusammengestellt. Der arithmetische Durchschnittswert der K100-Anteile über alle Analyse-Datensätze beträgt 14,2 %.

### *Kontamination aus zentraler Wasserversorgung*

An der Schnittstelle Wasserversorger/Trinkwasser-Installation existieren 742 Analyse-Datensätze aus 191 Trinkwasser-Erwärmungsanlagen (TWE-Anlage). Der Prozentsatz der mit dem jetzigen Kulturverfahren nachweisbaren positiven K2-Befunde (> 2 KBE/100 ml) ist mit 0,4 % erwartungsgemäß sehr niedrig.

### *Zentrale systemische Kontamination der Trinkwasser-Installation*

Die Beurteilung erfordert mindestens Kenntnisse zu Legionellenbefunden am Austritt des Trinkwasser-Erwärmers (TWE) sowie idealerweise am Zulauf des Trinkwassers zum TWE. Analyse-Datensätze am Austritt TWE sollten entsprechend der Empfehlungen für orientierende Untersuchungen für jede TWE-Anlage existieren. Insofern ist nicht erklärbar, warum nur für 2.150 TWE-Anlagen (39,2 % aller TWE-Anlagen) Datensätze an diesen Entnahmestellen vorliegen. Selbst wenn man davon ausgeht, dass zwischen Austritt des Trinkwasser-Erwärmers und beginnender TWW-Strangaufteilung keine Entnahmestelle existiert und die 1.519 TWE-Anlagen hinzuzählt, für die eine TWW-Strangbeprobung vorliegt, so fehlen immer noch für ein Drittel aller TWE-Anlagen Beprobungen im Umfeld des Trinkwasser-Erwärmers.

Für die Beurteilung der zentralen Kontamination standen 4.033 Datensätze für den Austritt des TWE und 168 DS für den TW-Zulauf zur Verfügung. Nur 4,2 % der Datensätze am Austritt der TWE zeigen K100-Befunde. Da für wenige TWE-Anlagen in einer Probenserie Aussagen zum TW-Zulauf und zum TWW-Austritt des Trinkwasser-Erwärmers vorliegen, erfordert die Beurteilung der Wirkung der Trinkwasser-Erwärmers im Sinne der Reduktion positiver Befunde eine andere Vergleichsbasis. Diese ist mit dem Vergleich der Anteile der Befunde am Eintritt der Zirkulation gegeben. Für den Eintritt der Zirkulation in den TWE liegen 3.271 Datensätze vor, von denen 9,3 % einen K100-Befund aufweisen. Diese prozentualen K100-Anteile im Umfeld des TWE werden den Anteilen an teilzentralen Entnahmestellen in Abbildung 8-1 gegenübergestellt.

Der Vergleich der Werte von *Austritt TWE* und *Zirkulation Eintritt TWE* zeigt, dass die Trinkwasser-Erwärmer selbst eine signifikante Reduktion der mit dem Eintritt der TWW-Zirkulation in den TWE eingetragenen Legionellenkonzentration übernehmen. Hierbei sind die Eliminationsraten bei Auswertung der Analyse-Datensätze (55 %) oder nach TWE-Anlagen (62%) in gleicher Größenordnung.

### *Teilzentrale Kontamination*

Die statistische Auswertung ergab für die teilzentralen Entnahmestellen folgende Reihung nach K100-Anteilen (s. a. Abbildung 8-1):

- Strang Mischwasser 30,0 % von 553 DS
- Strang TW 20,8 % von 1.159 DS
- Zirkulationsstrang TWW 14,2 % von 3.292 DS
- Strang TWW 9,3 % von 7.514 DS
- Eintritt Zirkulation in TWE 9,3 % von 3.271 DS

Die Strangbeprobungen MW und TW liegen signifikant über dem arithmetischen Mittelwert aller Datensätze, der Zirkulationsstrang TWW entspricht dem Mittel-

wert. Der Prozentsatz für den Strang TWW stellt sich mit 9,3 % dar und ist identisch mit dem für den Eintritt der Zirkulation in den TWE. Im Vergleich mit der zuvor diskutierten Situation im zentralen Bereich ist der Anteil der K100-Befunde im teilzentralen Bereich signifikant - bezogen auf den Austritt TWE bis zu 8fach- erhöht. Auch hier limitiert das Fehlen der Schaltbilder weitere Auswertungen.

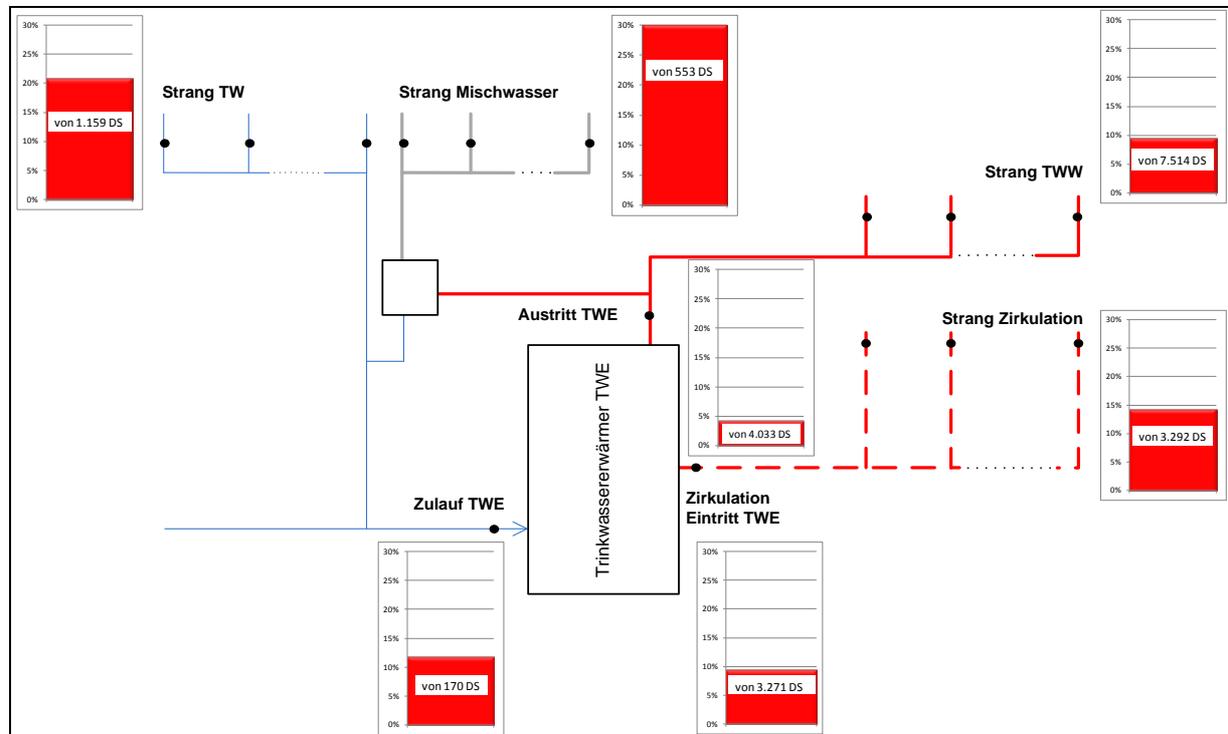


Abbildung 8-1: Übersicht zentrale systemische und teilzentrale Kontamination (Gesamtanzahl Datensätze und K100-Anteile)

#### Dezentrale Kontamination

Im dezentralen, nicht zirkulierenden Entnahmebereich des Verbrauchers fällt der sehr hohe Prozentsatz der K100-Befunde für Entnahme Mischwasser (28,5 % von 2.021 DS) auf. Die Entnahme TW/TWW liegt mit 14,3 % im Bereich des arithmetischen Mittelwertes. Wie zu erwarten, zeigt sich mithin bei Vergleich mit den teilzentralen K100-Anteilen, dass die Ursache für dezentrale Kontaminationen überwiegend in teilzentralen Bedingungen für ein signifikantes Legionellenwachstum zu suchen ist.

Positiv ist zu bewerten, dass in 74 % aller verwendbaren Datensätze unabhängig von der Temperatur der Probenahme keine *Legionella* sp. nachgewiesen werden konnten. Die Gründe dafür können vielfältig sein, wobei mit hoher Wahrscheinlichkeit geringe Verweildauer des Trinkwassers in der Trinkwasser-Installation selbst und damit teilweise im Bereich des optimalen Legionellenwachstums von hoher Relevanz ist. Umfangreiche Auswertungen erfolgten hinsichtlich der Zuordnung der K2-99 und K100-Befunde zur Probenahmetemperatur – i.A. in 5-Kelvin-Clustern. Neben der Gesamtstatistik über alle verwendbaren Datensätze bzw. bezogen auf die TWE-Anlagen wurde hinsichtlich Objektart, Entnahmestelle, Armatur/Platz und diversen Spezifika – wie Größe des Speichervolumens

und Ablaufvolumen vor Probenahme – differenziert. Als wesentlich Erkenntnisse lassen sich zusammenfassen:

- 53 % der Proben sind zu Zeitpunkten entnommen worden, zu denen die Anlagen bzw. Anlagenteile nach den a.a.R.d.T betrieben wurden (18 % aller verwendbaren Datensätze haben Probenahme-Temperaturen  $\leq 25 \text{ °C}$  und 35 %  $> 55 \text{ °C}$ ). Der überwiegende Anteil dieser Proben war hinsichtlich der Legionella sp. ohne Befund (OB) bzw. der Gruppe K2-99 zuzuordnen.

Durch Aufstellung von speziellen Objekthistorien konnte gezeigt werden, dass die in diesen Bereichen vorliegenden positiven Befunde oft auf deutlich von den a.a.R.d.T. abweichenden Betriebsweisen an vorangegangenen Probenahmetagen zurückzuführen sind. Beispielhaft sei auf die Abbildung 5-2 verwiesen, anhand der das Vorgehen bei Erstellung der Objekthistorie erläutert wurde.

- Der derzeit für Trinkwasser (kalt) zulässige Bereich von  $>20$  bis  $25 \text{ °C}$  ist prozentual stärker betroffen als der Bereich  $>50$ - $55 \text{ °C}$ , der derzeit für Trinkwarmwasser nach Vorgaben der DVGW W 551 nicht zulässig ist. Die Überprüfung anhand konkreter Objekte konnte bestätigen, dass es sich beim Bereich  $>20$  bis  $25 \text{ °C}$  fast ausschließlich um Trinkwasser (kalt)-Proben handelt. Als Ursachen kommen neben bereits hohen Temperaturen aus dem Bereich der Wasserversorgung insbesondere lange Stagnationszeiten durch überdimensionierte Leitungsnetze oder/und extrem niedrige Bedarfswerte infrage. Dementsprechend besteht dringender Handlungsbedarf auf der Seite des Trinkwassers (kalt). Zumindest über die Temperatur des Trinkwassers an endständigen Entnahmestellen sollten für alle Probenserien Informationen nach einem definierten Ablaufvolumen erfasst werden.

Die von Dr. Lück durchgeführten In-Vitro-Untersuchungen lassen darauf schließen, dass es bei natürlich gewachsenen Legionellen auch bei  $50 \text{ °C}$  schon zur irreversiblen Schädigung der Legionellen kommt.<sup>9</sup> Auch die ausführliche Unterersetzung des breiten Temperaturbereichs zwischen  $45$  und  $60 \text{ °C}$  in 1-Kelvin-Schritten zeigt bereits für das hier vorliegende Datenmaterial, dass eine Absenkung um 3 K als hygienisch abgesichert gelten kann, obwohl dabei nicht nur orientierende, sondern auch weiterführende Untersuchungen aus zum Teil über lange Zeiträume entgegen den Vorgaben der DVGW W 551 betriebenen Anlagen als Datenbasis herangezogen worden sind. Dies lässt mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten, dass bei nach den a.a.R.d.T. gebauten und betriebenen Anlagen auch  $50 \text{ °C}$  als untere Temperaturgrenze im zirkulierenden System zulässig und mithin eine Absenkung um 5 K realistisch ist. Dazu muss jedoch durch weitere Untersuchungen eine entsprechende statistische Basis geschaffen werden.

- Bei Einfamilienhäusern sind die prozentualen K100-Werte im Temperaturbereich  $> 50$ - $55 \text{ °C}$  mit denen im Temperaturbereich  $> 55$ - $60 \text{ °C}$  identisch und liegen 83 bzw. 75 % unter den Durchschnittswerten der Gesamtstatistik. Hier wirkt mit hoher Wahrscheinlichkeit der im Vergleich zum gesamten Inhaltvolumen der TWI hohe Wasseraustausch durch regelmäßiges Entnehmen positiv. Dies rechtfertigt, dass Einfamilienhäuser in DVGW W 551 eine Sonderstellung einnehmen. Der Anstieg im Temperaturbereich  $> 45$  bis  $50 \text{ °C}$  bestätigt die Empfehlung, auch in Ein- und Zweifamilienhäusern das TWW-System nicht unter  $50 \text{ °C}$  zu betreiben.

---

<sup>9</sup> Siehe Kapitel 7

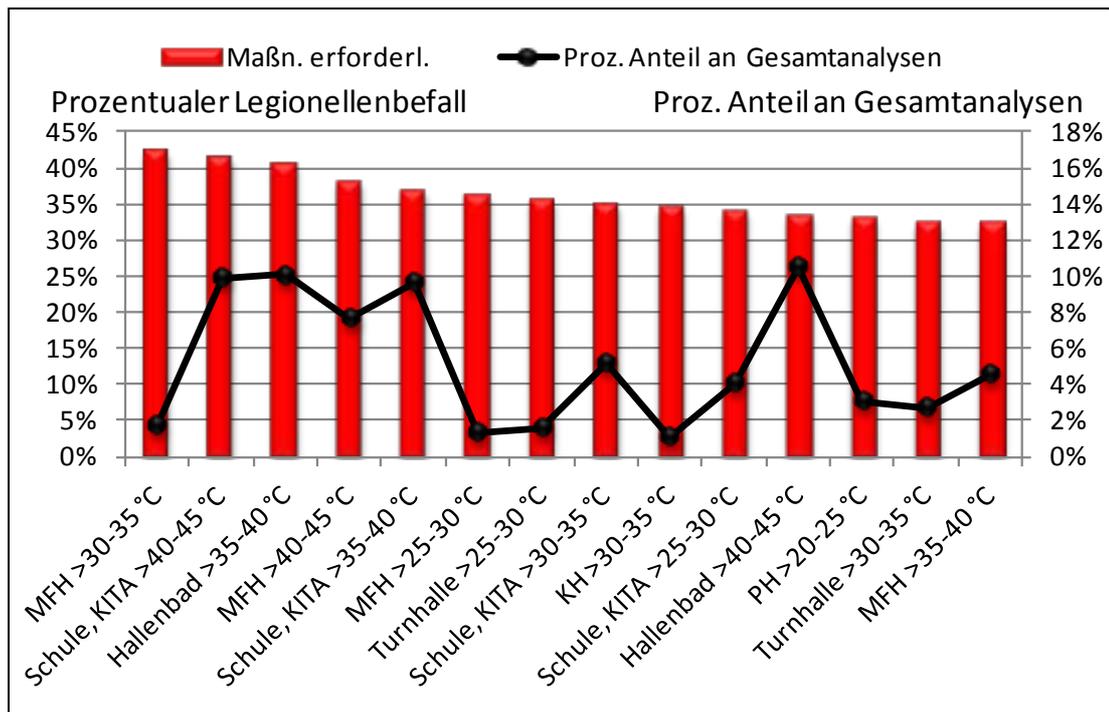


Abbildung 8-2: 5-K-Bereich mit dem prozentual höchsten Legionellenbefall  $\geq 100$  KBE/100 ml (Analysen)

- Abbildung 8-2 zeigt die 5-Kelvin-Bereiche differenziert nach Objektarten, die die prozentual höchsten K100-Anteile aufweisen. Auf der sekundären y-Achse wurde der prozentuale Anteil der Analysen in diesem 5 K-Bereich an der Gesamtzahl der für die jeweilige Objektart vorliegenden Analysen aufgetragen. Bei Pflegeheimen (PH), Krankenhäusern (KH) und Turnhallen entstammen die K100-Werte dem Trinkwasser (kalt)-Bereich. Bedenklich sind die hohen Anteile von Proben-temperaturerwartungen im Bereich von 30 bis 45 °C als seit langem bekanntem Bereich des optimalen Legionellenwachstums, in dem häufig mehr als jede dritte Probe K100-Befunde aufweist.<sup>10</sup>

Da den meisten Probenentnahmen ein Ablaufvolumen von 5 bis 10 Litern vorangeht und nach DVGW W 551 bzw. UBA-Empfehlungen nicht mehr als 3 Liter im endständigen, nicht zirkulierenden Leitungsweg zulässig sind, müssen z. B. grobe Mängel im Temperaturregime und/oder der Hydraulik und/oder der Installation ursächlich sein.

Der Handlungsbedarf in Hallenbädern ist extrem hoch. Dort entstammen die K100-Befunde im Temperaturbereich  $>35-45$  °C (immerhin 11 % aller für Hallenbäder vorhandenen Analysen) folgenden Entnahmestellen:

- 9 Analysen vom Austritt TWE (unzulässige Austrittstemperatur aus TWE)
- 5 Analysen von Zirkulation Eintritt TWE
- 48 Analysen aus Strangbeprobung TWW
- 26 Analysen von Strangbeprobung Zirkulation TWW
- 69 Analysen von Entnahmestellen TW/TWW,
- 20 Analysen Strangbeprobung MW
- 101 Analysen von Entnahmestellen MW.

<sup>10</sup> siehe dazu auch Abbildung 6-5 und Abbildung 6-7

Die Ursachen liegen mithin nicht allein im Mischwasserbereich, sondern sind häufig schon durch das Temperaturregime im zentralen und teilzentralen Bereich induziert.

Ähnlich stellt sich die Situation in Mehrfamilienhäusern dar. Hier gilt es mehr als bislang darauf hinzuwirken, den Temperaturbereich zwischen 30 und 45 °C, insbesondere den Bereich 40 bis 45 °C, dem immerhin 8 % aller Datensätze aus MFH zuzurechnen sind, zu vermeiden.

In der Projektlaufzeit ist die erste Änderung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2011) in Kraft getreten, die nunmehr über den öffentlichen Sektor hinaus auch eine hohe Anzahl von Objekten des gewerblichen Bereichs zu einer regelmäßigen Überprüfung hinsichtlich des Parameters *Legionella* sp. verpflichtet. Die Projektbearbeiter selbst haben für das vorliegende Datenmaterial auf sehr uneinheitliche Probenahmenvorschriften hingewiesen. Insofern wird die Erarbeitung der [twin 06] durch den DVGW grundsätzlich begrüßt. Allerdings hat das Projektteam insbesondere hinsichtlich des nunmehr auf 1 Liter reduzierten Ablaufvolumens vor der eigentlichen Probenahme Bedenken angemeldet. Verglichen mit der bislang überwiegend angewandten, auf [UBA 2000] basierenden Methode, die 5 bis 10 Liter vor der eigentlichen Probenentnahme verwirft, ergeben sich daraus wesentliche Nachteile:

- Bei Ablauf von 5 bis 10 Litern Wasser wurde bei regelkonform gebauten und betriebenen Anlagen bislang stets ein Volumenelement aus dem zirkulierenden System zur Beurteilung herangezogen. Im Gegensatz dazu ist bei Abfließen von nur einem Liter Wasser unter Berücksichtigung der 3-Liter-Regel nach DVGW W 551 nicht eindeutig geklärt, ob es sich um eine Entnahme aus dem nichtzirkulierenden oder dem zirkulierenden Bereich handelt.
- Nach den Regularien der DIN EN 806-2 müssen erst nach einer 30 s-Ablaufzeit die normenkonformen Entnahmetemperaturen erreicht werden, die bei den heute verwendeten Entnahmemarmaturen den bisher üblichen 5 bis 10 Litern in etwa entsprechen. Dies liegt in kapazitiven Effekten der abgekühlten, nicht zirkulierenden Leitungsabschnitte (im Extremfall nach der Nachtphase auf Raumtemperatur) begründet. Der erste Liter TWW ist bei langen, nicht zirkulierenden Abschnitten kalt und wird auch bei deutlich unter einem Liter liegenden Abschnitten zunächst durch die Wärmeverluste zur Aufwärmung der kalten Rohrleitungen etc. abgekühlt. Mithin ist der erste Liter schon wegen der zu niedrigen Trinkwarmwassertemperatur für eine Beurteilung des durch den Verbraucher genutzten Volumens nicht repräsentativ.
- Fatal kann sich dies bei der Ableitung von Maßnahmen anhand der Probenahmetemperatur an endständigen Entnahmestellen auswirken. Dies wird anhand der Abbildung 8-3 diskutiert, die die 5-Kelvin-Statistik der 3.965 Datensätze mit nur 1 Liter Ablaufvolumen dem der Durchschnittswerte im Bereich TW/TWW gegenüberstellt. Im Gegensatz zur allgemeinen 5-K-Statistik der Entnahmestellen TW/TWW, die ein wirklich stark ausgeprägtes Maximum der vorliegenden Analysen im Bereich > 55 bis 60 °C zeigt, fällt bei Abbildung 8-3 auf, dass hier bei den 1-Liter-Proben das Maximum nicht ausgebildet ist. Für dieses verringerte Ablaufvolumen vor der Probenahme liegt eine weite Verteilung über den gesamten Bereich von > 35 bis 55 °C vor. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Aspekte und einen deutlich höheren Anteil des dezentralen Einflusses von Leitung und Armatur zurückzuführen. Insofern verschiebt sich auch das K100-Maximum vom Bereich > 35 bis 40 °C in den Bereich >25 bis

30 °C. Da man die wahre Temperatur des zirkulierenden Systems an der Entnahmestelle nicht kennt, werden u. U. unverhältnismäßig hohe Temperaturerhebungen im teilzentralen und zentralen Bereich angeordnet für die viele Anlagen des Bestandes weder vom Werkstoff selbst noch von der integrierten Dehnungskompensation her ausgelegt sind.

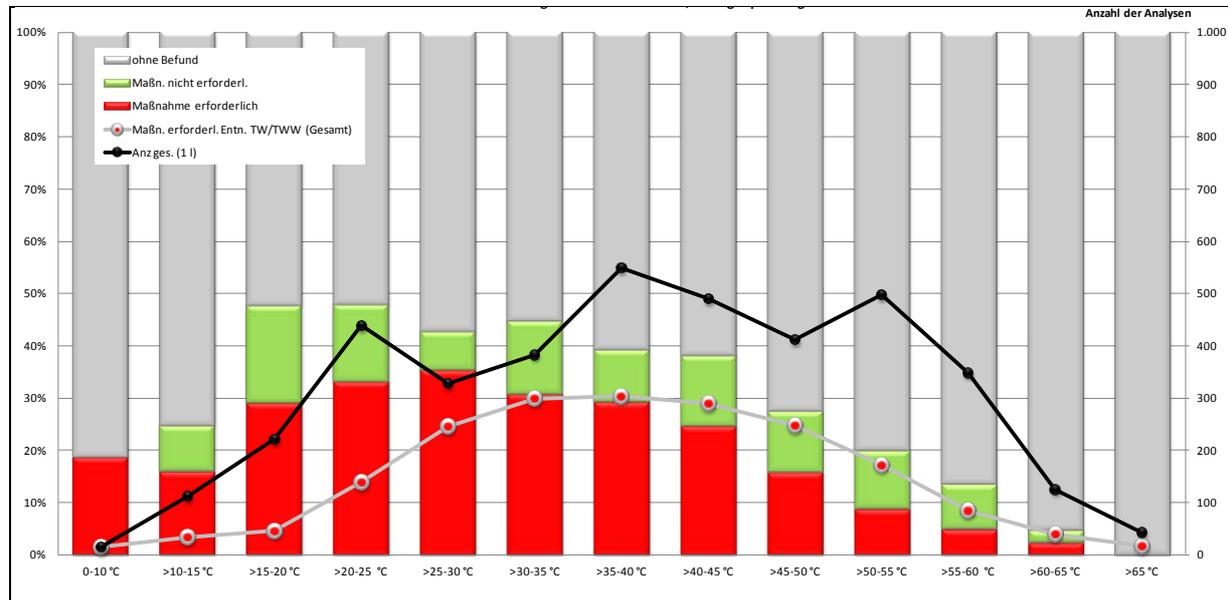


Abbildung 8-3: 5-Kelvin-Statistik der nach einem Liter entnommenen Proben im Vergleich zu K100-Durchschnittswerten aller Proben im Entnahmebereich TW/TWW

- Fazit: Der Wert von 100 KBE *Legionella* sp. je 100 ml Probenvolumen stellt im Gegensatz zu den anderen Grenzwerten der TrinkwV 2011 einen technische Maßnahmewert dar, der aufgrund langjähriger Ergebnisse von Beprobungen mit 5 bis 10 Litern Ablauf vor der Probenentnahme als praktikabel angesehen worden ist um zeitig genug Maßnahmen ergreifen zu können, die ein weiteres Ansteigen der Legionellenkonzentrationen vermeiden. Die Verringerung des Ablaufvolumens auf 1 Liter erlaubt weder eine klare Zuordnung der entnommenen Proben zum Bereich dezentral oder teilzentral, noch die Bestimmung einer für den regulären Verbrauch an der Entnahmestelle repräsentativen Temperatur des Trinkwarmwassers oder des Trinkwassers (kalt). Sie ist überdies kein repräsentatives Volumenelement für die Nutzung durch den Verbraucher, da sehr oft allein durch kapazitive Effekte die Nutztemperatur des TWW noch nicht erreicht ist bzw. das Trinkwasser (kalt) noch nicht die konstant kalte Temperatur erreicht hat.

Die aus den bislang vorliegenden Daten ableitbaren Erkenntnisse waren aufgrund der ausführlich erläuterten Defizite in der Datenlieferung limitiert. Insofern wird die Weiterführung der Datenbank mit Ergänzung ausgewählter Datenfelder sowie unter der Maßgabe des Vorliegens von Schaltbildern zu den Systemen dringend angeraten. Als Ergänzung sind z.B. Informationen zum Anlass der Untersuchung (Erstbeprobung Neuanlage, orientierende Untersuchung, weitergehende Untersuchung) sowie zwischen den Probenserien getroffene Maßnahmen (thermische Desinfektion, chemische Desinfektion, Sanierung) sinnvoll. Überdies sind unzählige Fragestellungen offen, die z. B. lauten:

- Kann die Kontamination des Trinkwassers mit *Legionella* sp. signifikant gesenkt werden, wenn die Überdimensionierung von Trinkwasser-Installationen, insbesondere des Trinkwasser-Erwärmers vermieden wird? Dazu bedarf es mit großer Wahrscheinlichkeit auch einer Anpassung einschlägiger Auslegungsgrundsätze (Normen, Regelwerke) an das wassersparende Verhalten der Verbraucher.
- Ist dann auch eine Freigabe des Temperaturniveaus Trinkwarmwasser mit Maßgabe  $\geq 50$  °C möglich, da Verweilzeiten entsprechend gering gehalten werden?
- Erlauben neue Methoden der Analytik zur Unterscheidung der *Legionella pneumophila* und eine Beurteilung der Vitalität der mit den heutigen Kulturverfahren nicht erfassten Spezies eine genauere Aussage zu effektiven Maßnahmen?

Diese und weitere Fragestellungen wurden in einer Projektskizze zusammengefasst, die den Förderern dieses Vorhabens und weiteren Interessenten zur Begutachtung vorgelegt wurde.

## 9 Ausgewählte Begriffsdefinitionen

Analysen-Datensatz bzw. Kurzformen „Analysen“ oder „Datensätze“	Der statistischen Auswertung bzgl. der Charakterisierung des Objektes, der Trinkwasser-Erwärmungsanlage und der zugehörigen Trinkwasser-Installation sowie der Probenahmestellen liegen die bedingt verwendbaren und die verwendbaren Datensätze zu Grunde.  Für alle anderen Auswertungen werden ausschließlich verwendbare Datensätze herangezogen.
Bedingt verwendbare Datensätze	Analysen-Datensätze, die mindestens einer Objektnummer zugeordnet worden sind sowie ein Analyseergebnis der Legionellenbeprobung, jedoch nur eine Temperatur bei Erreichen der Temperaturkonstanz enthalten. Die Angabe der Temperatur bei Probenahme fehlt.
Dezentrale Kontamination	Siehe Abschn. 3.1
Legionellen	Allgemein der Spezies <i>Legionella</i> zuzuordnende Bakterien.
Legionellen-Analysen	Ergebnis der hygienisch-mikrobiologischen Untersuchung der an einer definierten Probenahmestelle entnommenen Trinkwasserprobe, die in einem akkreditierten Labor auf eine Kontamination mit Legionellen untersucht worden ist. Es liegen in der Regel Angaben zu weiteren Beurteilungskriterien vor.
Teilzentrale Kontamination	Siehe Abschn. 3.1
TWE-Anlagen	TWE-Anlagen sind jeweils einem Trinkwasser-Erwärmer zugeordnete Trinkwasser-Installationen von denen mindestens zu zwei Probenahmestellen Analysen-Datensätze vorliegen. Ein Objekt kann mehrere TWE-Anlagen besitzen.
Verwendbare Datensätze	Analysen-Datensätze, die mindestens einer Objektnummer zugeordnet worden sind sowie mindestens ein Analyseergebnis der Legionellenbeprobung <u>und</u> die zugehörige Temperatur der Probenahme enthalten.
Zentrale Kontamination	Siehe Abschn. 3.1

## 10 Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen

### Formelzeichen

$e$	Exergie
$G$	Gesamtzahl der Datensätze bzw. TWE-Anlagen
$h$	Enthalpie
K100	Anzahl o. Prozentsatz der Datensätze bzw. TWE-Anlagen mit positiven Befunden <i>Legionella</i> sp. $\geq 100$ KBE/100 ml
K2-99	Anzahl o. Prozentsatz der Analysen bzw. TWE-Anlagen mit positiven Befunden <i>Legionella</i> sp. im Bereich $2$ KBE/100 ml $<$ <i>Legionella</i> sp. $< 100$ KBE/100 ml
$\dot{m}$	Massestrom
$T, t$	Temperatur in K bzw. °C
$\dot{V}$	Volumenstrom

### Indizes

<i>Aus, aus</i>	Austritt
<i>Ein, ein</i>	Eintritt
<i>TW</i>	Trinkwasser (kalt)
<i>TWE</i>	Trinkwasser-Erwärmer allgemein
<i>TWW</i>	erwärmtes Trinkwasser /Trinkwarmwasser
<i>u</i>	Umgebung
<i>Zirk</i>	Zirkulation

## Abkürzungen

**Im gesamten Bericht werden zusätzlich zu den nachfolgend erläuterten Abkürzungen die im Anhang in der Spalte Kurzzeichen DB eingeführten Abkürzungen verwendet, die ebenda in der Spalte „Erläuterungen“ definiert werden.**

a.a.R.d.T.	allgemein anerkannten Regel der Technik
DS	Analyse-Datensatz
GU	Gemeinschaftsunterkunft
GZZ	Gesamtzellzahl
HYG	Hygieneinstitut des Ruhrgebietes Gelsenkirchen
IBW-H	Ing.-Büro für Trinkwasserhygiene Waldmann
IHPH Bonn	Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn
KBE	Kolonie bildende Einheit
KiTa	Kindertagesstätte
MTZ	Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, Dresden
NLGA	Niedersächsisches Landesgesundheitsamt Abt. Umweltmedizin, -hygiene und -epidemiologie
NWG	Nachweisgrenze
TW	Trinkwasser (kalt)
TWE	Trinkwasser-Erwärmer allgemein
TWI	Trinkwasser-Installation
TWW	erwärmtes Trinkwasser /Trinkwarmwasser
UBA	Umweltbundesamt
Uni Münster	Universität Münster
Zirk.	Zirkulation

## 11 Schrifttum

### 11.1 Verordnungen, Normen, Regelwerke

Din EN 806-2	Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen. Teil 2: Planung; Deutsche Fassung EN 806-2:2005
DIN EN ISO 19458	Wasserbeschaffenheit – Probenahme für mikrobiologische Untersuchungen (ISO 19458:2006); Deutsche Fassung EN ISO 19458:2006
DVGW W 270	DVGW-Arbeitsblatt W 270: Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung. Ausgabe 11-2007
DVGW W 553	DVGW-Arbeitsblatt W 553: Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen.
DVGW W 551	DVGW-Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen. Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen. Ausgabe 2004
ISO 11731 (1998)	Water Quality - Detection and enumeration of Legionella. International Standard.
TrinkwV 2011	Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. November 2011 (BGBl. I S. 2370), die durch Artikel 2 Absatz 19 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist
TrinkwV 2001	Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) vom 21. Mai 2001. BGBl. I (2001) ; S. 959–980.

### 11.2 Literatur

[Exner09]	Exner, M.: Hygiene in Trinkwasser-Installationen - Erfahrungen aus Deutschland. Legionellen-Fachgespräch UBA/BfR am 20.10.2009 in Berlin
[Exner11]	Exner, M.: Wasser und Gesundheit. Vortrag, Wasser Berlin 2011; 02 bis 05. Mai 2011
[Harmuth06]	Harmuth, M.: Untersuchungen über das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern. Dissertation Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2006
[Lee11]	Lee, J.V., Lai, S., Exner, M., Lenz, J., Gaia, V., Casati, S., Hartemann, P., Lück, C., Pagon, B., Ricci, M.L., Scaturro, M., Fontana, S., Sabria, M., Snchez, I., Assaf, S. and Surman-Lee, S. (2011) An international trial of quantitative PCR for monitoring Legionella in artificial water systems. J Appl Microbiol.
[Lück10]	Lück, P.C., Jacobs, E., Röske, I., Schröter-Bobsin, U., Dumke, R. and Gronow, S. (2010) Legionella dresdenensis sp. nov., isolated from river water. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 60, 2557-2562.
[Lück12]	Lück, Ch.: Mikrobiologische Untersuchungen an Wassersystemen und unter in-vitro Bedingungen. Zwischenbericht zum gleichlautenden Teilprojekt im BMWi-Forschungsvorhaben 0327831B, Tu Dresden, Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene, März 2012
[Miyamoto97]	Miyamoto, H., Yamamoto, H., Arima, K., Fujii, J., Maruta, K., Izu, K., Shiomori, T. and Yoshida, S. (1997) Development of a new seminested PCR method for detection of Legionella species and its application to surveillance of legionellae in hospital cooling tower water. Appl Environ Microbiol 63, 2489-2494.
[Pleischl04]	Pleischl, Stefan: Zum Vorkommen von Legionellen in wasserführenden, technischen Systemen und der Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen unter Praxisbedingungen.

- Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, 2004, urn:nbn:de:hbz:5N-04395
- [Rueh09] Rühling, K.; Nissing, W.: Wirkungen von Hygieneanforderungen auf Energieeinsparung und Energieeffizienz. WAT Wasserfachliche Aussprachetagung 2009, Berlin 31.03. – 01.04.2009
- [Suchenwirth12] Suchenwirth, R.: Kurzbeschreibung der Probenbearbeitung im Labor – Legionella spec. Niedersächsisches Landesgesundheitsamt; Stand 09/2008 in der überarbeiteten Fassung vom 30.04.2011
- [techem2011] Energiekennwerte 2011, Hilfen für den Wohnungswirt, Eine Studie von techem, Bestellkennziffer: 9982074
- [TUD06] Wünsche, N.; Davids, A.; Lück, C.: Neuartige thermische Desinfektion im Durchflussprinzip für zentrale Trinkwassererwärmungsanlagen. AiF-Projekt der industriellen Gemeinschaftsforschung. TU Dresden, Professur für Energiesystemtechnik und Wärmewirtschaft, 2006
- [twin05] twin Nr. 05 - Informationen des DVGW zur Trinkwasser-Installation: Desinfektion von Trinkwasser-Installationen zur Beseitigung mikrobieller Kontaminationen. DVGW Bonn, April 2009
- [twin06] twin Nr. 06 - Informationen des DVGW zur Trinkwasser-Installation: Durchführung der Probennahme zur Untersuchung des Trinkwassers auf Legionellen (ergänzende systemische Untersuchung von trinkwasser-Installationen) DVGW Bonn, November 2011
- [UBA2000] Nachweis von Legionellen in Trinkwasser und Badebeckenwasser. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trink- und Badewasserkommission des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz, 2000 · 43:911–915
- [UBA2005] Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit. Periodische Untersuchung auf Legionellen in zentralen Erwärmanungsanlagen der Hausinstallation nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereit gestellt wird. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. - Gesundheitsschutz 2005 · 49:697–700, DOI 10.1007/s00103-006-1295-7, © Springer Medizin Verlag 2006
- [UBA2010] Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie). Umweltbundesamt 30.11.2010 sowie aktuelle Ergänzungen der Anlage 5 vom 15.11.2011; Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2007 50:1152-1176, 2008 51: 689-690, 2009: 52: 960, 2011:54:243
- [wiki] <http://de.wikipedia.org/wiki/Paretoprinzip> (Download 22.02.2012)

## 12 Anhang - Datenbank - Übersicht zu Spalteninhalten inkl. Erläuterungen zu den verwendeten Kennzahlen

Sp.-Nr.	Kurzzeichen DB	Erläuterungen
1	Obj_Nr	<b>fortlaufende Objekt-Nummer</b> , wird von TUD vergeben, Rückinfo an datenliefernde Stelle (Zuordnung von ursprünglicher Nummer bei datenliefernder Stelle und neuer Nummer in der Datenbank)
2	TWE_SYS_Nr	<b>fortlaufende Nummer</b> der verschiedenen <b>Trinkwasser-Erwärmungssysteme</b> in einem Objekt
3	PS_Nr	<p><b>Nummer der Probenahmestelle</b>                      999- keine Angaben</p> <p><b>Für zentrale Entnahmestellen</b></p> <p>1 – Allgemeine Angaben                      2 – HEL (Hauseinführungsleitung)                      3 – Zulauf TWE                      4 – Zulauf TWE (bei Anlagen mit Vorwärmstufe)                      5 – Austritt TWE                      6 – Zirkulation Eintritt TWE                      7 – sonst. Technik                      8 – Entleerung TWE</p> <p><b>Für weitere Entnahmestellen in der TWI (Nomenklatur „WXYZ“)</b>  <b>W</b> - Strangnummer                      (wenn keine Strangzuordnung möglich – entfällt diese Stelle)</p> <p><b>X</b> – Zuordnung des Entnahmeortes in der TWI                      X = 1 – TWW (Trinkwarmwasser)                      X = 2 – Zirkulation TWW                      X = 3 – Entnahmestellen im Strang TW/TWW                      X = 4 – MW (Mischwasser)                      X = 5 – Entnahmestellen MW                      X = 6 – TW (Trinkwasser (kalt))                      X = 7 – Zirkulation TW</p> <p><b>YZ</b> - Zähler (0 bis 99)</p> <p><b>Beispiele</b>  <b>KEINE Strangzuordnung möglich</b> (Prinzipschaltbild siehe <b>Abbildung 6-11</b>)                      100 ... 199 Strangbeprobung TWW                      200 ... 299 Strangbeprobung Zirkulation TWW                      300 ... 399 Entnahmestellen TW/TWW                      400 ... 450 Strangbeprobung MW</p>

Sp.- Nr.	Kurzzeichen DB	Erläuterungen
		<p>451 ... 499 Strangbeprobung Zirkulation MW                      500 ... 599 Entnahmestellen MW                      600 ... 699 Strangbeprobung TW                      700 ... 799 Strangbeprobung Zirkulation TW</p> <p><b>Strangzuordnung möglich ()</b>                      1100, 1101, ... 9199 – Strangbeprobung TWW,                      Steigstrang 1 – 9                      1200, 1201, ... 9299 – Strangbeprobung Zirkulation TWW                      1300, 1301, ... 9399 – Entnahmestellen im Strang,                      TW/TWW                      1400, 1401, ... 9450 – Strangbeprobung MW                      1451, 1452, ... 9499 – Strangbeprobung Zirkulation MW                      1500, 1501, ... 9599 – Entnahmestellen im Strang MW                      1600, 1601, ... 9699 – Strangbeprobung TW                      1700, 1701, ... 9799 – Strangbeprobung Zirkulation TW</p>
4	Datum	<b>Datum der Probenahme</b>
5	WV	<p><b>Wasserversorger</b> - vorgehalten für weiterführende For-                      schung                      Kennzahl ist noch zu spezifizieren (ggf. nach Nomenklatur)</p>
6	WVG	<p><b>Wasserversorgungsgebiet</b> – vorgehalten für weiterführende                      Forschung                      Kennzahl ist noch zu spezifizieren (ggf. nach Nomenklatur)</p>
7	O_char	<p><b>Objektcharakteristik</b>                      1 – Pflegeheim,                      2 – Krankenhaus (KH),                      3 – Einfamilienhaus (EFH),                      4 – Mehrfamilienhaus (MFH),                      5 – Schule, Kindergarten                      6 – Turnhalle                      7 – Hallenbad                      8 – Freibad                      9 – Arztpraxis                      10 – gewerblicher Betrieb, Firma                      11 – Gemeinschaftsunterkunft                      12 – Hotel                      13 – Gaststätte                      14 – Campingplatz</p> <p>99 – Sonstiges</p>
8	Bild	<p><b>Schaltbild oder Skizze der TWI</b> inkl. Kennzeichnung der                      Probenahmestellen                      Angabe des Dateinamens des Schaltbildes der Anlage</p>

Sp.- Nr.	Kurzzeichen DB	Erläuterungen
9	TWE_Art	<b>Art der Trinkwasser-Erwärmung</b> 1 – TWW-Speicher, 2 – Speicherladeprinzip, 3 – Durchflusprinzip (DF) zentral, 4 – DF dezentral, 5 – Untertischspeicher, Übertischspeicher dezentral 6 – keine Angaben
10	V_Sp	<b>Volumen des Trinkwarmwasser-Speichers</b> Summe, wenn mehrere Speicher für ein TWE-System
11	Zirk	<b>Angaben zum Zirkulationssystem TWW I (Installation)</b> 0 – nicht vorhanden 1 – vorhanden, nicht aktiv 2 – aktiv 3 – keine Angaben
12	Zirk_on_off	<b>Angaben zum Zirkulationssystem TWW II (Abschaltung Zirkulation nach EnEV)</b> 0 – nicht vorhanden 1 – vorhanden, nicht aktiv 2 – aktiv 3 – keine Angaben
13	GLT	<b>Verbindung der TWI mit der Gebäudeleittechnik</b> 0 – nicht vorhanden 1 – vorhanden, nicht aktiv 2 – aktiv 3 – keine Angaben
14	Legio_präv	<b>Legionellenprävention TWW - apparative oder regel-technische Lösung</b> 0 – nicht vorhanden 1 – vorhanden, nicht aktiv 2 – aktiv 3 – keine Angaben
15	Anweisg	<b>Probenahmenvorschrift</b> Anweisungen werden nach Eingang durchnummeriert und in externer DB als pdf-Dokument abgelegt
16	Baujahr	<b>Jahr der Errichtung der TWE</b>
17	Sanierung	<b>Jahr der letzten Sanierung der TWE</b>
18	Bemerk1	<b>Bemerkungen zur TWE/TWI</b> (Anmerkung: werden nicht zur DB-Abfrage genutzt)
19	Armatur	<b>Zur Probenahme genutzte Entnahmearmatur</b> 0 - Probenahme im "Feld", keine Armatur vorhanden, Duschkopf etc. wird vor Probenahme entfernt 1 - W/K getrennt, Einhebelmischer und separate Regulierung W/K direkt an Entnahme, aber bis dahin getrennt geführt 2 – Mischwasser 3 – Duschkopf 4 – Probenhahn (Zapfhahn am Strang)

Sp.- Nr.	Kurzzeichen DB	Erläuterungen
		5 – Entleerungsventil (Auslaufventil) 9 – keine Angabe
20	Platz	<b>Ergänzende Charakterisierung der Probenahmestelle</b> 1 – Waschbecken 2 – Spültisch (Küche, Ausguss u.ä.) 3 – Dusche 4 – Badewanne 5 – Leitung 6 – Behälter 9 – keine Angaben
21	TWW_Grenz	<b>Temperaturbegrenzung Trinkwarmwasser</b> 0 – nein 1 – zentral 2 – Gruppenmischer 3 – Auslauftemperaturbegrenzer (thermostatisch oder mechanisch) 4 – k. A.
22	Probe	<b>Charakterisierung des Ablaufens vor Probenahme</b> 1 – sofort 2 – Ablauf 3 – k. A.
23	t_Probe_TW	<b>Temperatur der Probe</b> Trinkwasser (kalt) <b>TW</b> bei Entnahme
24	t_TW_min	<b>Minimale TW-Temperatur</b> an der Entnahmestelle
25	KBE_TW_1	Ergebnis <b>Legionellenuntersuchung TW in KBE/100 ml</b> <sup>11</sup>
26	KBE_TW_2	Ergebnis <b>Legionellenuntersuchung TW in KBE/1 ml</b>
27	KBE_TW_UBA	Ergebnis <b>Legionellenuntersuchung TW in KBE/100 ml – Auswertung nach UBA-Empfehlung</b> <sup>11</sup>
28	t_Probe_TWW	<b>Temperatur der Probe</b> Trinkwarmwasser <b>TWW</b> bei Entnahme
29	t_TWW_min	<b>Minimale TWW-Temperatur</b> an der Entnahmestelle
30	t_TWW_max	<b>Maximale TWW-Temperatur</b> an der Entnahmestelle
31	KBE_TWW_1	Ergebnis <b>Legionellenuntersuchung TWW in KBE/100 ml</b> <sup>11</sup>
32	KBE_TWW_2	Ergebnis <b>Legionellenuntersuchung TWW in KBE/1 ml</b>
33	KBE_TWW_UBA	Ergebnis <b>Legionellenuntersuchung TWW in KBE/100 ml – Auswertung nach UBA-Empfehlung</b> <sup>11</sup>
34	Bemerk2	<b>Bemerkungen zur Probenahme</b> , werden nicht zur DB-Abfrage genutzt

<sup>11</sup> Anmerkung: Eintrag „2“ steht für negativen Befund (kein Nachweis von Legionellen) als untere Nachweisgrenze der genutzten Nachweismethoden. S. a. Abschnitt 3.3