

## „Trinkwassersysteme bestimmungsgemäß betreiben“:

### Das Kemper Hygienesystem KHS

von Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Petzolt und Dr. Carsten Bäcker, Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe

#### Trinkwassersysteme brauchen Wasserwechsel

„Stagnation“ ist in der Fachwelt eine der Hauptursachen, die für die Verkeimung bzw. den Wandel von Trinkwasser zu Nicht-Trinkwasser genannt werden. Sowohl im Trinkwasser Kalt (TWK) als auch im Trinkwasser Warm (TWW) wird immer wieder die gleiche Antwort für unzureichende Trinkwasserhygiene gegeben: „Alte ungenutzte Leitungen oder nicht bestimmungsgemäß genutzte Leitungsabschnitte unterliegen der Dauerstagnation und sind somit potentiell die Fehlerquelle des Trinkwassersystems“.

#### Die Vorgabe lautet: „Bestimmungsgemäß betreiben“

Dem Betreiber wird meist sehr einfach empfohlen, die nicht genutzten Leitungen vom Trinkwassersystem zu trennen oder diese regelmäßig bestimmungsgemäß zu durchströmen. Das Trennen ist für den Betreiber nicht immer die beste Lösung, da nicht in allen Fällen auf die Entnahmestelle verzichtet werden kann, oder da bauliche Gegebenheiten die Trennung nicht zulassen. Es geht dann darum, die Entnahmestelle bzw. die dort hinführenden Leitungsabschnitte unter Beibehaltung der Entnahmestelle bestimmungsgemäß zu betreiben.

„Bestimmungsgemäß“ bedeutet hier, dass eine ursprünglich geplante Nutzerfrequenz bzw. Häufigkeit der Trinkwasserentnahme zu Grunde gelegt werden muss.

Der Betreiber stellt dann für seine ihm bekannten häufig stagnierenden Entnahmestellen einen Plan auf, nach dem der Wasserwechsel im Trinkwasserleitungssystem durch manuelles Öffnen der Entnahmestellen vollzogen wird.

In vielen Fällen hat sich die Nutzung eines Gebäudes oder das Nutzerverhalten über einen bestimmten Zeitraum verändert. Der ursprünglich geplante bestimmungsgemäße Betrieb lässt sich dann nur noch durch die o. g. Zwangsentnahmen aufrecht erhalten. Findet der geplante bestimmungsgemäße Trinkwasserverbrauch in den Leitungsabschnitten nicht statt, kann der Betrieb des gesamten Trinkwassersystems durch Krankheitserreger lahm gelegt werden. Der Kampf gegen Krankheitserreger sowohl im kalten als auch im warmen Trinkwasser ist vor allem für Betreiber von großen Trinkwassersystemen von Bedeutung und an der Tagesordnung, da der Betreiber entsprechend der Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001 verantwortlich für das Trinkwasser ist, welches er an Bewohner, Gäste, Patienten etc. seines Hauses abgibt.

#### Betriebsanleitung für Trinkwassersysteme erstellen

Da Stagnation über mehrere Tage in vielen Trinkwassersystemen festgestellt wird, kann diese in jedem Trinkwassersystem zu einem Problem bezüglich der Trinkwasserqualität führen. In der Fachwelt ist bekannt, dass jedes Trinkwassersystem ein Prototyp ist, der individuell bezüglich der Betriebsweise betrachtet werden

muss. Die ursprünglich in der Planung zugrunde gelegten Verbräuche an den Entnahmestellen müssen sowohl örtlich als auch zeitlich annähernd dem Auslegungsfall entsprechen, um einen kontinuierlichen Wasserwechsel (Austausch des gesamten Wasserkörpers eines Trinkwassersystems) zu realisieren. Zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserhygiene in öffentlichen Gebäuden und im Wohnungsbau (Wohnungsleerstand) werden insbesondere unmittelbar vor Beprobungsmaßnahmen und generell periodisch reaktiv große Mengen Trinkwasser unkontrolliert für den Wasserwechsel des Trinkwassersystems verbraucht. Die Verbrauchsmengen sind oft unbekannt und überhöht. Die Wasserwechselmaßnahmen sind uneffektiv, da unkontrolliert und nicht vollumfänglich. Der Wasserwechsel wird vom Technik- bzw. vom Hygienepersonal beschlossen und manuell durch Mitarbeiter aufwändig durch Öffnen und Schließen von Armaturen im Bereich der Trinkwasserinstallation als auch im Bereich der Entnahmearmaturen durchgeführt. In den seltensten Fällen ist das notwendige Wasserwechselvolumen vorher ermittelt worden. Die Verbrauchsmengen als auch die manuell auszuführenden Maßnahmen zum Wasserwechsel haben in der Konsequenz hohe Betriebs- und Personalkosten zur Folge.

#### Trinkwasser-Hausinstallationen können potentielle Infektionsreservoirs sein

Trinkwasser-Hausinstallationen werden von Hygienikern als potentielle Infektionsreservoirs eingestuft. In Trinkwassersystemen wird bei trinkwasserhygienischen Untersuchungen oftmals Mikrobiologie in unerlaubt hohem Maße nachgewiesen. Als überaus bedrohlich einzustufen sind PSEUDOMONAS AERUGINOSA und LEGIONELLA, die den menschlichen Organismus stark schwächen und im schlimmsten Fall zum Tode führen können. Des Weiteren wird eine physikalisch/chemische Veränderung des Trinkwassers vom Verbraucher des Trinkwassers oder vom Betreiber des Trinkwassersystems reklamiert, wenn Stagnation überwiegt. Das Wasser hat in diesen Fällen einen unappetitlichen Geschmack, Geruch oder ist in der Farbe verändert. Die Inhaltsstoffe im Trinkwasser konzentrieren sich auf und führen zu einer spürbaren Veränderung des Trinkwassers.

In Trinkwassersystemen für kaltes Wasser ist eine Maximaltemperatur von 25 °C normativ vorgegeben (Experten bestätigen: besser wäre ein Temperaturniveau von 20 °C). Die Temperatur des Wassers spielt eine entscheidende Rolle zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene. Wird das Wasser durch Konvektionswärme aus beheizten Gebäuden, einzelnen Räumen (z. B. Technikzentralen) oder durch benachbarte Warmwasserleitungen beeinflusst, erwärmt es sich. Eine daraus abzuleitende Forderung ist daher die enge Zusammenarbeit und Abstimmung der haustechnischen Gewerke zusammen mit dem Architekten, der die Raum- und Grundrissplanung eines Gebäudes festlegt. Daher müssen

schon in der Vorentwurfsphase die Grundrisse mit den späteren technischen Anforderungen in Einklang gebracht werden.

Die Folge: Physikalische und chemische Prozesse werden beschleunigt, Keime und Krankheitserreger finden optimale Basisbedingungen zur Vermehrung vor.

### Periodischer Wasserwechsel gefordert

In einer Expertenanhörung [2] vom 31.03.2004 in Bonn wurde daher für Trinkwassersysteme Kalt ein periodischer Wasserwechsel gefordert:

„Es muss eine periodische Spülung in Krankenhäusern, Arztpraxen oder Hotels sichergestellt sein, unabhängig davon, ob Zimmer belegt sind oder nicht.“

### Gesetzliche Vorgaben, Verordnungen, Richtlinien

Über die Verpflichtung im Infektionsschutzgesetz (IfSG) findet die Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) [1] für Trinkwassersysteme Anwendung. Laut TrinkwV 2001 ist Trinkwasser generell „Wasser für den menschlichen Gebrauch“. Die Anforderungen an der Wasserentnahmestelle sind vom Betreiber des Trinkwassersystems einzuhalten. Die Anforderungen betreffen die Trinkwassersysteme Kalt und Warm. Die Verpflichtungen aus der TrinkwV 2001 bedeuten für den Praktiker, dass die Trinkwassersysteme nach den gültigen Gesetzen, Normen und Richtlinien zu planen, auszuführen und Instand zu halten sind. Bei der Expertenanhörung vom 31.03.2004 in Bonn ist klar formuliert worden: „Die Pflicht zur Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik ergibt sich für den Betreiber der Hausinstallation aus der TrinkwV, § 4, Abs.1 in Verbindung mit § 3 Nr. 2 Buchstabe c.“ Die „Spielregeln“ zur Erreichung und Einhaltung der Trinkwasserqualität bis an die Entnahmestelle sind in Bild 1 für die Kalt- und Warmwasserseite schematisch dargestellt.

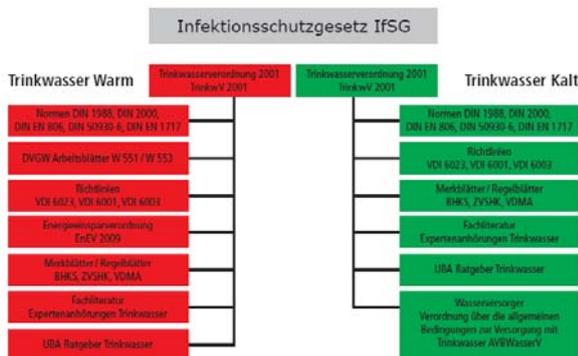


Bild 1: Gesetze, Normen und Richtlinien dienen dem Schutz des Trinkwassers und dem unbedenklichen Genuss des „Lebensmittels Nr. 1“!

### Die Ist-Situation

In den heute vorhandenen Trinkwasserinstallationen wurde bei der Planung davon ausgegangen, dass der bestimmungsgemäße Betrieb an den einzelnen Verbrauchern während der gesamten Nutzungsdauer sicherge-

stellt ist. Dementsprechend wurden die Dimensionierung des Rohrsystems und die Leitungsführung geplant. Im TWK werden in den Nasszellen in öffentlichen Gebäuden (Hotels, Krankenhäuser, Schulen etc.) die Entnahmemarmaturen häufig mit einer endständig ausgeführten T-Stück-Installation angeschlossen (Bild 2). Eine daraus resultierende Stagnation in den Stichleitungen im TWK ist an der Tagesordnung.

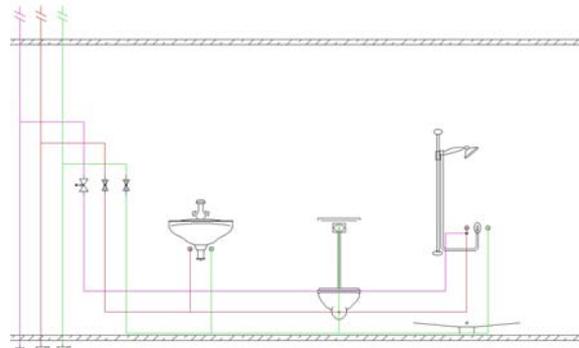


Bild 2: Übliche, endständig ausgeführte T-Stück-Installation in TWK. Stagnationsbereiche entstehen. Einschleifen der Entnahmestellen für TWW/TWZ im Ring wird bereits seit langem als Lösung empfohlen.

Im TWW hat sich bereits die Installation im Ringsystem, mittels Reguliertechnik einreguliert, durchgesetzt (Bild 3). Eine Reststagnation in den Stichleitungen von der Ringleitung zur Wandscheibe besteht aber auch noch. Durch Einschleifen der Entnahmestellen im Ring wird die Reststagnation im TWW vermieden.

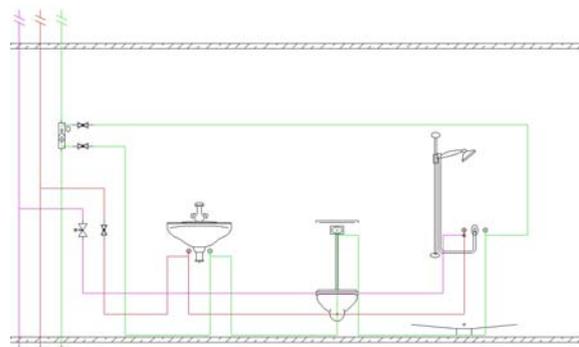


Bild 3: Innovative Rohrleitungsführung mit Strömungsteilern im TWK sorgt für dauerhafte Durchströmung bei bestimmungsgemäßem Gebrauch. Es können im TWK keine Stagnationsbereiche entstehen.

### Nutzungsprofil festlegen

Die Planung für ein Trinkwassersystem in einem Gebäude startet zu dem Zeitpunkt, an dem der Bauherr oder der Betreiber zusammen mit dem Architekten die

ersten wesentlichen Nutzungsbereiche entsprechend dem späteren Raum- und Nutzungsbedarf des Betreibers festgelegt hat. In dieser frühen Vorentwurfsphase erhält der Sanitärplaner erste Grundrisse für das neu entstehende Gebäude mit dem Auftrag, die Haupttrassen für die Trinkwasserinstallation einzuplanen.

In dieser Vorentwurfsphase als auch in der sich anschließenden Entwurfsphase, in der sich die Räume und Entnahmestellen immer mehr herauskristallisieren, ist es besonders wichtig Informationen für die Basis des für die nächsten 30 bis 50 Jahre neu entstehenden Trinkwassersystems zu sammeln. Neben der Nutzungsart des Gebäudes ist auch die Gleichzeitigkeit der Trinkwasserverbräuche ein wesentliches Kriterium für den Betrieb des zu erstellenden Trinkwassersystems. Die hierzu notwendigen Basisdaten für jede Entnahmestelle werden in einem Raumbuch erfasst. Um die Festlegungen im Raumbuch richtig zu treffen, sind Gespräche mit dem Architekten, dem Nutzer und auch mit den beteiligten Planern der parallel zu planenden Gewerke im Gebäude notwendig.

### Die KHS-Technik, das zugrunde liegende Prinzip

Die dargestellten Anforderungen aus Gesetzen, Normen, Richtlinien und Expertenanhörungen lassen sich mit dem Kemper Hygienesystem KHS erfüllen und umsetzen, wenn bereits in der Planungsphase des Trinkwassersystems über ständig und selten genutzte Entnahmestellen in Abhängigkeit von der Gebäudenutzungsart gesprochen wird.

Die Philosophie des Hygienesystems KHS ist: „Wasser muss fließen“. Die KHS-Technik sorgt in Kombination mit einer innovativen Rohrleitungsführung dafür, dass an selten genutzte Entnahmestellen bzw. in nicht regelmäßig genutzten Gebäudebereichen ein regelmäßiger Wasserwechsel durch eine Zwangsdurchströmung erreicht wird.

Das Kemper Hygienesystem KHS zeichnet sich dadurch aus, dass es nachweislich den Wasserwechsel im gesamten Rohrsystem kontrollierbar herstellen kann.

### TW-Bewegung durch KHS-Komponenten

Ein wesentlicher Bestandteil des Kemper Hygienesystems KHS ist der neu entwickelte KHS-Venturi-Strömungsteiler. Durch den Einbau dieses Bauteils wird die Zwangsdurchströmung von Ringleitungen im Trinkwassersystem Kalt erzielt, wenn bestimmungsgemäßer Betrieb an einer oder mehreren Entnahmestellen in Fließrichtung nach dem Strömungsteiler stattfindet (s. Bilder 5 und 9).

Der Strömungsteiler arbeitet nach dem von Giovanni Battista Venturi entwickeltem Prinzip der Venturi-Düse. Durch den minimalen Druckunterschied über der Venturi-Düse wird der Hauptvolumenstrom in einen Ring- und einen Durchgangsvolumenstrom aufgeteilt (Bild 4).

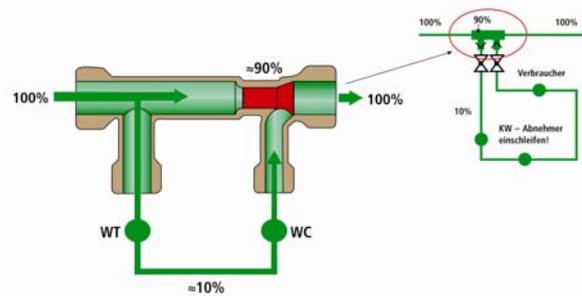


Bild 4: KHS-Venturi-Strömungsteiler -statisch- und Volumenstromverteilung im Ringsystem.

Der Antrieb erfolgt durch Wasserentnahme hinter dem KHS-Venturi-Strömungsteiler. Dadurch wird der gesamte Wasserinhalt im Ring (z. B. Nasszelle) regelmäßig ausgetauscht, Stagnation vermieden und die Temperatur im Trinkwasser Kalt niedrig gehalten. Um die Verkeimung im TWK zu vermeiden, sollten Temperaturen kleiner 25 °C dauerhaft sichergestellt werden.

Sind in den TWK-Steigsträngen KHS-Venturi-Strömungsteiler eingebaut (bei gleichzeitiger Einschleifung aller TWK-Abnehmer im Ringsystem) wird bei dem üblicherweise stattfindenden Nutzungsbetrieb im Gesamtsystem (z. B. Duschvorgänge, WC-Spülungen) der bestimmungsgemäße Betrieb des Trinkwassersystems Kalt gewährleistet.

Der Einsatz eines KHS-Venturi-Strömungsteilers ist immer dann sinnvoll, wenn selten genutzte Entnahmestellen bekannt sind. Hier macht es Sinn, nach Dauerverbrauchern im Gebäude zu suchen (z. B. Gartenbewässerung für Außenanlagen im Sommer oder Anlagentechnik für Kühlprozesse, ganzjährig), um diese in Fließrichtung hinter dem Strömungsteiler anordnen zu können. So können z. B. Leitungsabschnitte, die saisonal stagnieren (z. B. Außenzapfstellen), oder auch stagnierende Stichleitungen zu Anlagen und Apparaten von einer bestimmungsgemäß genutzten Entnahmestelle/Entnahmearmatur angetrieben werden (Bild 5).

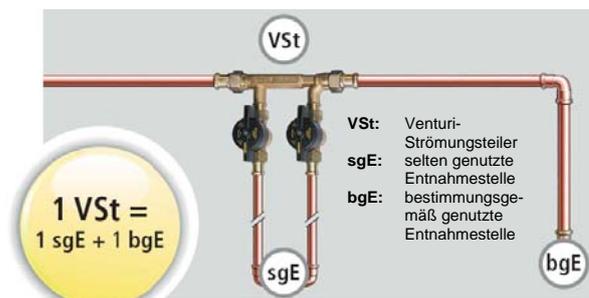


Bild 5: Einsatz eines KHS-Venturi-Strömungsteilers mit bestimmungsgemäß genutzter Entnahmestelle.

Vor allem in Großobjekten findet in einzelnen Bereichen häufig nur ein geringer Verbrauch statt. In Krankenhäusern werden die Zimmer nicht regelmäßig belegt bzw. die Sanitärobjekte werden bei bettlägerigen Patienten nicht regelmäßig genutzt. Schulen, Kindergärten und Sporthallen werden in der Ferienzeit nicht genutzt und Hotels haben häufig mit stark schwankenden Auslastun-

gen zu kämpfen, um nur einige Anwendungsfälle für das Hygienesystem KHS zu nennen. Die KHS-Venturi-Strömungsteiler können in diesen Fällen durch endständige Wasserwechselventile (Bild 6) angetrieben werden, um so den bestimmungsgemäßen Betrieb in allen Bereichen sicherzustellen. Mit den Wasserwechselventilen wird der kontrollierte Wasserwechsel automatisch durchgeführt.



Bild 6: KHS-VAV-Vollstromabsperrrventil mit Stellantrieb oder Federrückzug-Stellantrieb für die endständige Montage.

Die Steuerung des Wasserwechsels kann durch die KHS-Logic Systemsteuerung, die KHS-Mini Systemsteuerung, das KHS-Timer Set oder die Gebäudeleittechnik erfolgen. Je nach Steuerungsvariante kann der regelmäßige Wasserwechsels mittels Sensorik (Volumenstrom- und Temperaturmessung) überwacht und dokumentiert werden.

Eine Weiterentwicklung des KHS-Strömungsteilers -statisch- ist der dynamische Strömungsteiler (Bild 7). Der KHS-Venturi-Strömungsteiler -dynamisch- unterscheidet sich vom bereits bekannten KHS-Venturi-Strömungsteiler -statisch- darin, dass er „dynamisch“ reagiert und funktioniert.

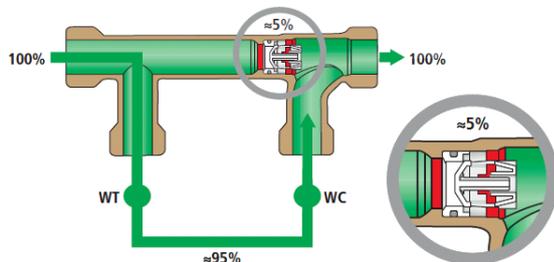


Bild 7: KHS-Venturi-Strömungsteiler -dynamisch- und Effekt im Ringsystem: Kleine Strömung im Durchgang – viel Bewegung im Ring.

Durch ein zusätzliches Bauteil in der Venturi-Düse ist der dynamische Strömungsteiler in der Lage, bereits bei kleinsten Volumenströmen in der Verteilleitung/im Steigstrang eine maximale Durchströmung der angeschlossenen Ringe zu erzielen. Da die Venturi-Düse bei kleinen Volumenströmen nahezu geschlossen ist, werden ca. 95 % des gesamten Volumenstromes durch den Ring geleitet. Wird der Öffnungsdruck der dynamischen Venturi-Düse erreicht, so wird der Volumenstrom in Durchgangsrichtung kontinuierlich gesteigert, wobei der Ring aufgrund des bekannten Venturi-Effektes weiterhin stark durchströmt wird. Aufgrund der beschriebenen Funktionsweise kann der KHS-Venturi-Strömungsteiler -dynamisch- sowohl im TWK als auch im TWW mit hoher Effizienz eingesetzt werden. Im TWW stellt der KHS-Venturi-Strömungsteiler in bestimmten Anwendungsfäl-

len eine Alternative zu dem von Kemper bereits seit mehr als 10 Jahren forcierten hydraulischen Abgleich von Zirkulationssystemen mittels statisch und thermisch gesteuerten Zirkulations-Regulierventilen dar. Es kann z. B. durch den Einsatz der KHS-Venturi-Strömungsteiler in den TWW-Steigsträngen auf die parallel verlegten Zirkulationsleitungen im Steigstrang verzichtet werden. Da die Installation im TWW nun hauptsächlich aus Verbrauchsleitungen besteht, können die Bedarfsleitungen (TWZ) bis auf ein Minimum reduziert werden. Es kann erwartet werden, dass hierdurch die Zirkulationsverluste um bis zu 20 % reduziert werden können. Die TWW-Verteilleitungen werden nach dem letzten Verbraucher mittels Zirkulations-Regulierventil an einen sogenannten Zirkulationssammler angeschlossen und danach auf kürzestem Weg zurück zum Trinkwassererwärmer geführt.

In Bild 8 ist die Charakteristik der KHS-Venturi-Strömungsteiler -statisch- und -dynamisch- dargestellt. Bei den relativ geringen Zirkulationsvolumenströmen im Trinkwassersystem Warm entsteht bei dem statischen KHS-Venturi-Strömungsteiler noch kein ausreichend großer Differenzdruck, um für eine Durchströmung der angeschlossenen Ringleitung zu sorgen. Das zusätzliche Bauteil in der Venturi-Düse des KHS-Strömungsteilers -dynamisch- sorgt auch schon im Funktionsbereich „Zirkulation“ für die erforderliche Druckdifferenz, um ca. 95 % des Zirkulationsvolumenstromes durch den Ring zu leiten.

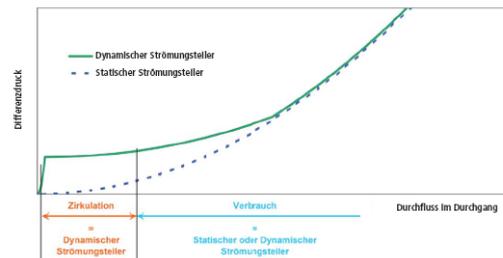


Bild 8: Charakteristik der KHS-Venturi-Strömungsteiler -statisch- und -dynamisch-.

### Die Vorteile des Hygienesystems KHS

- Sicherstellung und Erhaltung der Trinkwasserqualität an der Entnahmestelle nach TrinkwV 2001
- Präventionsmaßnahmen zur Stagnationsvermeidung im Trinkwassersystem durch Herstellen des bestimmungsgemäßen Betriebs zu jedem Zeitpunkt
- Einhaltung der chemischen und physikalischen Parameter für Trinkwasser
- Reduzierung der Aufkeimungsgeschwindigkeit bei Temperaturen < 25 °C im TWK
- Zwangsdurchströmung und kontinuierlicher Wasseraustausch durch zielgerichteten Aufbau des Rohrsystems mit intelligenter Leitungsführung
- Verdünnungseffekte der Wasserinhaltsstoffe durch Wasserwechsel
- Reduzierung des Korrosionsrisikos im Rohrsystem

- Bewegung des Wassers bis hin zu jeder Entnahmestelle
- Reduzierung der Personal- und Betriebskosten durch kontrollierte, wirtschaftlich durchgeführte Spülmaßnahmen

### KHS-Anwendung im Großobjekt (z. B. Krankenhaus)

In Krankenhäusern ist es für den Betreiber aufwändig, den bestimmungsgemäßen Betrieb in den einzelnen Räumen sicherzustellen. Wie bereits erläutert, sind die einzelnen Zimmer nicht regelmäßig belegt bzw. die Sanitärobjekte werden bei bettlägerigen Patienten nicht regelmäßig genutzt. Der bestimmungsgemäße Betrieb wird heutzutage manuell durch den Betreiber sichergestellt. Gebäudetechniker stellen den Wasserwechsel in nicht genutzten Zimmern durch Öffnen der Entnahmestellen sicher. In Krankenhäusern gibt es unterschiedliche Möglichkeiten der Rohrleitungsführung. Eine verbreitete Variante ist die horizontale Verteilung mit Anbindung der einzelnen Nasszellen entlang der Flure. Für diesen Fall ist die Installation in Verbindung mit dem Kemper Hygienesystem KHS in Bild 9 beispielhaft dargestellt.

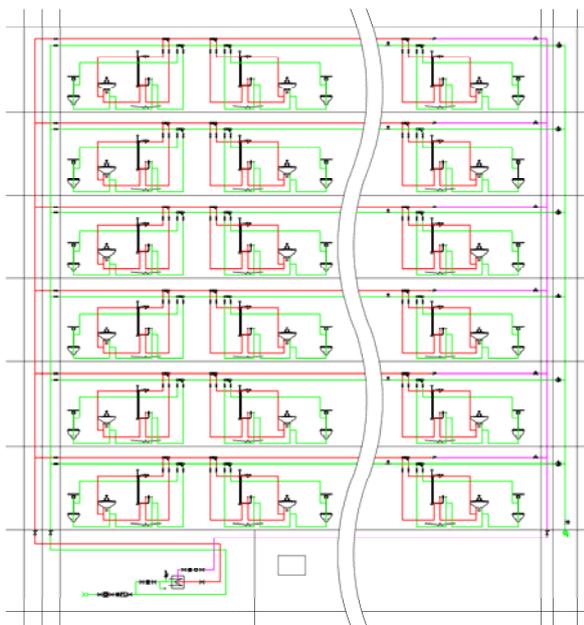


Bild 9: Innovative Rohrleitungsführung in Kombination mit dem Kemper Hygienesystem KHS exemplarisch am Anwendungsfall „Krankenhaus“ dargestellt.

In dem dargestellten Großobjekt sind getrennte Installationsschächte für die Steigstränge Trinkwasser Kalt und Warm eingerichtet, um einen Wärmeübergang von den Warmwasserleitungen auf die Kaltwasserleitungen zu vermeiden. Die Nasszellen sind entlang der horizontalen Verteilung im Trinkwassersystem Kalt und Warm mit KHS-Venturi-Strömungsteilern angebracht, um auch in den nicht genutzten Nasszellen eine regelmäßige Zwangsdurchströmung zu erzielen.

Im Trinkwassersystem Kalt soll die Zwangsdurchströmung vorrangig durch nachgeschaltete Entnahmearmaturen hergestellt werden. Findet kein Verbrauch im Gebäude statt, bzw. kann der bestimmungsgemäße Betrieb aufgrund der Gebäudegröße oder Nutzungsart nicht sichergestellt werden, müssen am Ende jeder Verteilung Wasserwechselventile installiert werden. Der ggf. notwendig gewordene Wasserwechsel kann mit der entsprechenden Steuerung zeitgesteuert, volumenströmungsgesteuert oder temperaturgesteuert durchgeführt werden. Das anfallende Wasser sollte in einem Speicherbehälter aufgefangen werden, um es z. B. in einer Regenwassernutzungsanlage oder zur Bewässerung von Außenanlagen zu nutzen.

### Zusammenfassung

Der bestimmungsgemäße Betrieb von Trinkwasserinstallationen kann in vielen Gebäudearten (z. B. Krankenhäuser, Schulen, Sporthallen, etc.) nicht dauerhaft sichergestellt werden. Die hierdurch unvermeidbare Stagnation im Trinkwassersystem führt häufig zu einer Verkeimung. Das Trinkwassersystem muss danach mit großem Aufwand saniert werden. Um dieses zu vermeiden, bietet das Kemper Hygienesystem KHS eine sinnvolle und effiziente Lösung. Unter dem Motto „Wasser muss fließen“ sorgen die Komponenten des Hygienesystems KHS immer dann für den bestimmungsgemäßen Betrieb im Trinkwassersystem, wenn dieser durch die Nutzung des Gebäudes nicht sichergestellt werden kann (z. B. bei Schulen in der Ferienzeit). Herzstück des Hygienesystems KHS ist der KHS-Venturi-Strömungsteiler, der für eine Zwangsdurchströmung in der Nasszelle durch nachgeschalteten Verbrauch sorgt.

### Literatur

- [1] Trinkwasserverordnung 2001: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
- [2] Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2006, 49:681-686DOI 10.1007/s00103-006-1284-X, online-publiziert: 09.06.2006 © SPRINGER-Medizin Verlag 2006