

Energieeinsparung bei der Warmwasserdesinfektion - hygienisches Trinkwasser bei geringen Warmwassertemperaturen

Dipl. Geologe Reimund Hauser, INNOWATECH GmbH, Empfingen

Energy savings in hot water disinfection - Safe drinking water at low water temperatures

The requirements to drinking water hygienic will continue to be raised, especially in medical and health care facilities. For the reduction of the legionella in domestic hot water and drinking water supply systems of hospitals or other buildings until now thermal methods were previously used. The thermal disinfection caused high energy costs and even more disadvantages include. In recent years, a new method for hot water disinfection established which secure legionella prevention in low warm water temperatures. The method of membrane electrolysis cells is explained and illustrated, expenses and costs compared.

Membrane cell electrolysis, legionella, hot water systems, energy costs savings

1. Einführung und Fragestellung

Energieeinsparung ist auf Grund der ehrgeizigen Ziele der Bundesregierung zur Minderung der CO₂-Emissionen und des Kostendrucks im Gesundheitswesen ein aktuelles und wichtiges Thema. Bereits bei der Planung neuer Einrichtungen spielt die Energieeffizienz in sämtlichen Disziplinen eine entscheidende Rolle. In Bestandseinrichtungen wird zunehmend, häufig durch staatliche Förderprogramme unterstützt, durch umfassende Sanierungsmaßnahmen der Gebäudeenergiebedarf reduziert. Es liegen Untersuchungen vor, nach denen jedes deutsche Krankenhaus durchschnittlich ca. 500.000 Euro jährlich für Energie ausgibt. Nachdem die Rohstoff- und Energiepreise teilweise im zweistelligen Prozentbereich ansteigen, kann die Kostensteigerung nur durch intensive Einsparmaßnahmen begrenzt werden. Verschiedene Untersuchungen und Pilotprojekte in Krankenhäusern haben aufgezeigt, dass bis zu 50% der Energiekosten durch technische Maßnahmen eingespart werden könnten. Hierbei sind in den Bereichen Heizung, Lüftung und Klimatisierung die größten Sparpotentiale vorhanden.

Maßnahmen zur Energieeinsparung in Gebäuden durch Wärmedämmung und effektive bzw. innovative Heizungstechnik wurden vielfach bereits umgesetzt. Auch bei der Warmwasserversorgung lässt sich der Energieeinsatz noch deutlich verringern. Für die Trinkwasserhygiene in Gebäuden stellen Legionellen die größte Gefahrenquelle dar. Zur Verminderung des Legionellenwachstums wird das Warmwassersystem bislang meistens mit einer Wassertemperatur größer 60°C

betrieben. Zur Reduktion der Energiekosten wäre es nun sicher zeitgemäß das Warmwasser nur auf die benötigte Temperatur der Nutzung (35-45°C) aufzuheizen. Die technischen Anlagen zur Warmwassererzeugung ließen sich dann sehr effizient bei geringen Temperaturen betreiben. Da bei diesen Temperaturen jedoch gute Voraussetzungen für die Vermehrung von Legionellen gegeben sind, muss dann das Legionellenwachstum durch andere Maßnahmen kontrolliert werden. Legionellen werden normalerweise über das Kaltwasser in das Hauswassernetz eingetragen. Sie können sich bei Temperaturen zwischen 25-55°C stark vermehren und stellen dann eine Gefährdung für die Nutzer dar. Voraussetzung für den Betrieb des Warmwassersystems bei geringen Temperaturen ist also, dass durch den Einsatz alternativer Systeme die Versorgung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser sicher und dauerhaft gewährleistet werden kann.

1.1 Anforderungen der neuen Trinkwasserverordnung 2011

Die neue Trinkwasserverordnung ist am 01. November 2011 in Kraft getreten und beinhaltet diverse Neuregelungen, die die Qualitätsstandards für Trinkwasser stärken. Gemäß den Allgemeinen Anforderungen aus § 4 Absatz 1 der TrinkwV 2011 gilt: *„Trinkwasser muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist. Es muss rein und genusstauglich sein. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn bei der Wasseraufbereitung mindestens die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Trinkwasser den Anforderungen der §§ 5 und 7 entspricht.“* Die allgemein anerkannten Regeln der Technik stellen somit eine Mindestanforderung dar. Zudem müssen aber selbstverständlich auch *„die in Anlage 3 festgelegten Grenzwerte und Anforderung für Indikatorparameter eingehalten werden“* (§ 7, Absatz 1).

Weiterhin heißt es in den Mikrobiologische Anforderungen aus § 5 Absatz 1: *„Im Trinkwasser dürfen Krankheitserreger im Sinne des § 2 Nummer 1 des Infektionsschutzgesetzes, die durch Wasser übertragen werden können, nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen“* und in § 5 Absatz 4 wird festgelegt: *„Konzentrationen von Mikroorganismen, die das Trinkwasser verunreinigen oder seine Beschaffenheit nachteilig beeinflussen können, sollen so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung von Einzelfällen möglich ist.“* Analog zu den Anforderungen an Chemische Stoffe nach § 6 sind auch mikrobiologische Belastungen im Trinkwasser laut der TrinkwV 2011, gegebenenfalls durch Desinfektion, zu minimieren.

Weitere umfassende Neuerungen betreffen Trinkwasser-Installationssysteme in Gebäuden. In Bezug auf Legionellenuntersuchungen in Trinkwasser-Erwärmungsanlagen in der Trinkwasser-Installation wurden verschiedene Anzeige- und Untersuchungspflichten eingeführt. Betroffen sind hier alle Unternehmer und sonstigen Inhaber einer Trinkwasserinstallation, in der sich eine Großanlage zur Trinkwassererwärmung befindet. Weitere Voraussetzung ist, dass das Trinkwasser im Rahmen einer öffentlichen oder gewerblichen Tätigkeit abgegeben wird. Diese Trinkwassererwärmungsanlagen müssen dem Gesundheitsamt angezeigt werden und es muss jährlich eine systemische Untersuchung auf Legionellen erfolgen.

Zur Beurteilung der Legionellenkonzentration gibt die TrinkwV 2011 einen sogenannten „technischen Maßnahmenwert“ von 100 KBE (koloniebildenden

Einheiten) in 100 Milliliter Wasser vor. Falls dieser Wert erreicht oder überschritten wird, kann der Betreiber durch das Gesundheitsamt verpflichtet werden eine Gefährdungsanalyse und Ortsbesichtigung durchführen zu lassen und ggf. weitere Maßnahmen umzusetzen. Wer es versäumt das Trinkwasser auf Legionellen zu untersuchen (nach § 14 Absatz 1 TrinkwV) oder das Gesundheitsamt zu unterrichten (nach § 16 Absatz 3 TrinkwV) oder Verbraucher bei Erreichen oder Überschreiten des technischen Maßnahmenwertes zu informieren (nach § 21 Absatz 1 TrinkwV), begeht eine Ordnungswidrigkeit (nach § 25 TrinkwV (Nummer 4, 8a, 16).

1.2 Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums

Wie bereits in der Einführung erwähnt werden bislang zur Legionellenprophylaxe überwiegend thermische Maßnahmen angewandt (gemäß DVGW Arbeitsblatt W 551). Hierbei wird versucht über die Einhaltung hoher Temperaturen im Warmwassersystem ($\geq 60^\circ\text{C}$) die Vermehrung von Legionellen zu vermindern. Die Umsetzung dieser Maßnahmen erfordert entsprechende Warmwasserbereitungs-Systeme, die diese hohe Temperatur dauerhaft bereitstellen können. Bei Überschreitung des „technischen Maßnahmenwertes“ von 100 KBE / 100 ml kann dann, wie im vorherigen Abschnitt bereits dargelegt, das Gesundheitsamt eine Gefährdungsanalyse und ggf. weitere Maßnahmen veranlassen. Gemäß Arbeitsblatt W 551 kann in diesem Fall eine Sanierung mittels bautechnischer oder verfahrenstechnischer Maßnahmen, z.B. einer Thermische Desinfektion, durchgeführt werden. Hierzu muss an allen Entnahmestellen mit einer Temperatur von 70°C über 3 Minuten gespült werden. Diese Thermische Desinfektion ist in erster Linie als Sofortmaßnahme zur Keimreduktion zu sehen, für einen dauerhaften Sanierungserfolg sind zusätzliche weitergehende Maßnahmen notwendig. Als Voraussetzung für die thermischen Maßnahmen muss die Warmwasserbereitung so ausgelegt sein, dass die notwendige Temperatur von größer 70°C an jeder Zapfstelle erreicht wird. Ebenso müssen Vorkehrungen bzgl. des Verbrühungsschutzes getroffen werden. Für die Durchführung der thermischen Desinfektion ist ein hoher Personalaufwand notwendig, auch kommt es während der Durchführung zu Nutzungseinschränkungen. Neben den hohen Energiekosten für die Bereitstellung der Warmwassertemperaturen und den Belastungen für das Leitungsmaterial zeigen diese thermischen Maßnahmen auch häufig nicht den gewünschten dauerhaften hygienischen Erfolg. Im DVGW Arbeitsblatt W 551 sind für diesen Fall dann zusätzliche verfahrenstechnische Maßnahmen (Chemische Desinfektion, UV- Bestrahlung, etc.) und bautechnische Maßnahmen zur Sanierung vorgesehen.

Häufig wird nur das Warmwassersystem hinsichtlich Legionellen untersucht. Das Risiko einer Legionellen-Kontamination im Bereich von Kaltwassersystemen wird häufig unterschätzt. Vielfach führen Isolationsmängel und zu niedrige Fließraten in überdimensionierten Leitungssystemen jedoch zu unerwünschter Erwärmung des Kaltwassers und begünstigen damit die Vermehrung von Legionellen. Auch in Kaltwassersystemen können deshalb, bei unzureichender Sicherstellung niedriger Temperaturen ($< 25^\circ\text{C}$), hohe Legionellenkonzentrationen auftreten. Eine Ursache für die Erwärmung im Kaltwasser liegt auch in der Abwärme der Warmwasserleitung, vor allem dann, wenn die Warmwassertemperaturen zur Verbesserung der thermischen Prophylaxe angehoben werden oder bei der Durchführung von thermischen Desinfektionsmaßnahmen mit Temperaturen $> 70^\circ\text{C}$ gefahren wird. In

Kaltwassersystemen sind thermische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums nicht zweckmäßig, so dass hier andere Verfahren zum Einsatz kommen.

1.3 Besonderheiten im Gesundheitswesen

Zusätzlich zu den bautechnischen Gegebenheiten und nutzungsabhängigen Problemen liegen in Krankenhäusern besondere Bedingungen vor. Krankenhäuser sind meist sehr komplexe Einrichtungen bzgl. des Aufbaus ihrer Trinkwasser-Installationen. Die Netze sind meist weit verzweigt. Viele Zimmer mit mehreren Wasserentnahmestellen, sensible Bereiche und zusätzliche therapeutische Einrichtungen erfordern höchste Aufmerksamkeit und Kontrolle hinsichtlich der Hygiene. Auch bei Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik treten regelmäßig Probleme mit Keimen auf (Pseudomonaden, Legionellen). Auf Grund der hohen hygienischen Anforderungen gelten z.B. für Hochrisikobereiche (Hämatologie/Onkologie, Intensivstationen, Neonatologie, Transplantationsstationen) gemäß den Empfehlungen des Umweltbundesamtes (Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2005 49:697–700) deutlich niedrige Grenzen bzgl. der max. Legionellenkonzentration als für Normalbereiche (Pflegestationen, Funktionsbereiche). Der Zielwert von 0 KBE / 100ml lässt sich in der Regel nicht ausschließlich mit installationstechnischen Maßnahmen bzw. Einhaltung der Technischen Regeln sicherstellen. Vielfach wird der geforderte Zielwert deshalb nur durch den teureren Einsatz endständiger Hygienefilter erreicht.

In einer Information des Arbeitskreises „Trinkwasserinstallation und Hygiene“ vom Dezember 2010 wird darauf hingewiesen, *“... dass die Überwachung nach den Kriterien der Trinkwasserverordnung insbesondere in medizinischen Einrichtungen in keiner Weise ausreichend ist, da relevante durch Trinkwasser übertragene Krankheitserreger in medizinischen Einrichtungen wie Legionellen, Pseudomonaden und andere insbesondere gramnegative Mikroorganismen durch diese Trinkwasserüberwachungskriterien nicht erfasst werden.“*

In Krankenhäusern sollte demnach der gesamten Trinkwasser-Installation eine höhere Aufmerksamkeit gelten. Neben den Mindestanforderungen der a.a.R.d.T. sind oft weitergehende Maßnahmen erforderlich.

2. Membranzellen Elektrolyse

Im Laufe der letzten Jahre hat sich ein neues Verfahren zur Verminderung des Legionellenwachstums und zur Warmwasserdesinfektion etabliert, welches eine hohe hygienische Sicherheit bei niedrigen Warmwassertemperaturen mit erheblichen Kosteneinsparungen ermöglicht und somit eine ausgezeichnete Alternative zu den thermischen Verfahren darstellt.

2.1 Verfahrensbeschreibung

Die Basis der Technologie ist die elektrolytische Herstellung einer schwachen pH-neutralen Natriumhypochlorit Lösung aus einer Kochsalzsole. Das Herstellverfahren und der Aufbereitungsstoff Natriumhypochlorit sind in der Liste der

Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung 2011 gelistet. Die technische Umsetzung entspricht dem Verfahren der Membranzellenelektrolyse nach DVGW W 229 und folglich den geforderten allgemein anerkannten Regeln der Technik. Der Wirkstoff Anolyte (als Natriumhypochlorit) erfüllt die Reinheitsanforderungen bezüglich der geforderten Parameter nach DIN EN 901:2007. Die Einhaltung wurde in einem unabhängigen Gutachten untersucht und bestätigt. Das Verfahren stellt infolgedessen für Planer und Betreiber eine Alternative mit der notwendigen Rechtssicherheit dar.

Die Herstellung von Anolyte erfolgt komplett ohne Gefahrgut nur aus Trinkwasser und Kochsalz, besondere Schutzkleidung oder die Beachtung spezieller Unfallverhütungsvorschriften für Gefahrstoffe ist nicht notwendig. Durch die geringe Anwendungskonzentration ist der Einsatz in allen Installationsmaterialien möglich. Es besteht keine Korrosionsgefahr für das Leitungsmaterial und es werden keine Dichtungen geschädigt. Durch die Anwendung des Verfahrens im Bereich der Trinkwasserbehandlung werden Legionellen und auch andere Keime innerhalb kurzer Zeit sicher abgetötet. Die chemische Beschaffenheit des Trinkwassers beeinträchtigt dabei die Wirkungsweise von Anolyte nicht. Durch den Abbau des Biofilms bzw. einer Verhinderung des Neuaufbaus werden den Mikroorganismen Lebensraum und Nährstoffe entzogen. Da der überwiegende Anteil der in einer Trinkwasserinstallation vorhandenen Mikroorganismen im Biofilm lebt, können alle Maßnahmen zur Reduzierung der Mikroorganismen nur dann dauerhaft Erfolg haben, wenn Biofilmentstehung und –wachstum vermindert werden. Damit wird den Mikroorganismen die Lebensgrundlage entzogen und die Trinkwasserhygiene kann dauerhaft verbessert werden.

2.2 Umsetzung in der Praxis

In den letzten Jahren wurden bereits zahlreiche Krankenhäuser mit dieser Anlagentechnik erfolgreich ausgestattet. Die Integration der Anlagentechnik in bestehende Warmwassersysteme ist in der Regel ohne großen Installationsaufwand möglich und das Verfahren lässt sich ebenfalls mit ökologischer Solarthermie, Wärmepumpentechnik und Blockheizkraftwerken kombinieren.

Die Behandlung der Warmwasserleitungssysteme erfolgt über die Dosierung von Anolyte in das Warmwasser nach der Erwärmung. Die Dosierung kann entweder volumenproportional über einen Wasserzähler oder über die Integration einer permanenten Messwert erfassung für den Parameter freies Chlor gesteuert werden. Aufgrund der Messwasserrückführung ergeben sich hierbei keine zusätzlichen Betriebskosten durch Messwasserverluste (siehe Bild 1).

Bei der Trinkwasserbehandlung mit Anolyte liegen die Wirkstoffgehalte im Bereich der geforderten Konzentrationsgrenzen gemäß der TrinkwV 2011. Aufgrund der innovativen Verfahrenstechnologie wird die Bildung von unerwünschten Reaktionsprodukten (z.B. Trihalogenmethane) zuverlässig vermieden. Der Nachweis der hygienischen Sicherheit während des Routinebetriebs wird durch regelmäßige hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen geführt.

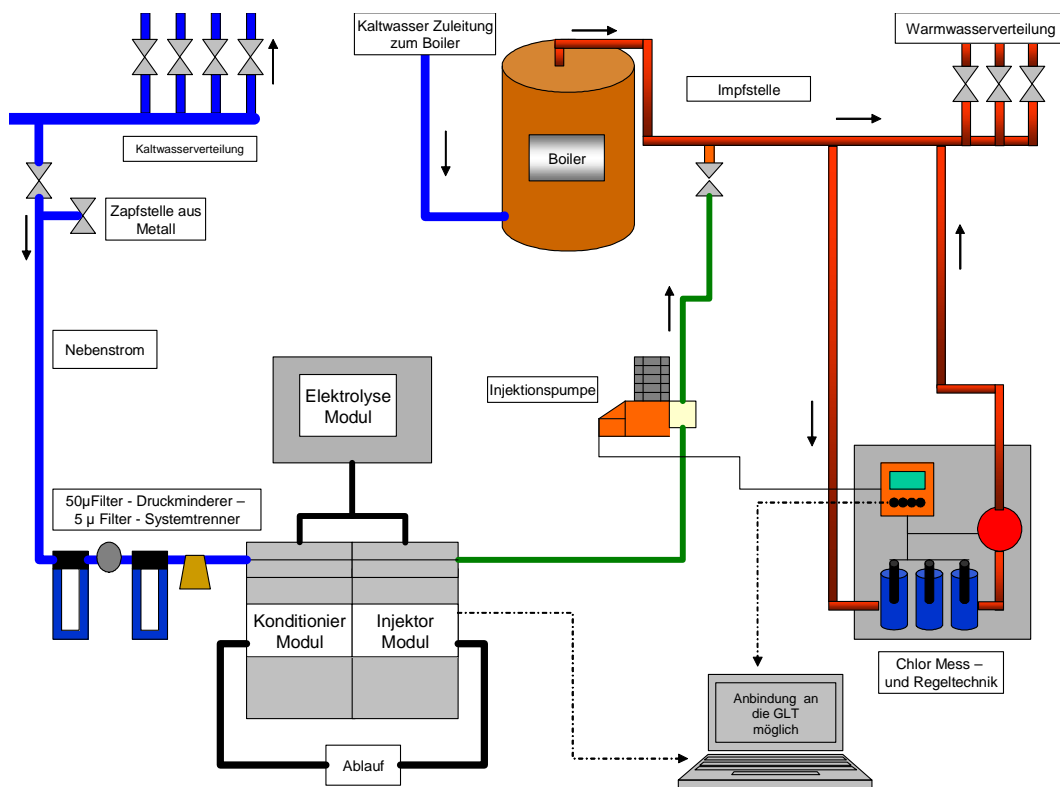


Bild 1: Schema Warmwasserbehandlung, messwertgesteuert

2.3 Energieeinsparung

Die Vorteile des Membranzellenelektrolyse-Verfahrens gegenüber den thermischen Verfahren liegen darin, dass die hohen Temperaturen zur Verminderung des Legionellenwachstums nicht mehr benötigt werden. Die Warmwassertemperatur kann abgesenkt werden und die Legionellenprophylaxe wird auch bei Temperaturen von 45-50° sicher gewährleistet. Durch die reduzierte Warmwassertemperatur ergibt sich eine erhebliche Kosteneinsparung für die Warmwasserbereitung. Ein Krankenhaus mit 200-300 Betten kann häufig Einsparungen im fünfstelligen Bereich realisieren.

Bei der Reduktion der Warmwassertemperatur von $\geq 60^\circ\text{C}$ auf $\leq 50^\circ\text{C}$ verringert sich der Wärmeverlust im Zirkulationssystem erheblich. In der Warmwasserinstallation gibt das durch die Zirkulationspumpen umgewälzte Warmwasser ständig Wärmeenergie an seine Umgebung ab. In Abhängigkeit vom Zustand der Installation (Alter, Isolierung, Dimensionierung, etc.) können die Zirkulationsverluste sehr hoch sein. Sie sind in der Regel höher als die notwendige Energie, die zur Erwärmung des effektiv genutzten Warmwassers benötigt wird. Der Wärmeverlust im Zirkulationssystem muss über die Warmwasserbereitung andauernd ausgeglichen werden, damit das Warmwasser wieder mit 60°C den Speicher verlässt. In Bild 2 werden die Bedingungen beim Betrieb bei einer Speicherausgangstemperatur von 60°C dem Betrieb bei geringerer Warmwassertemperatur von 50°C und Dosierung von Anolyte gegenübergestellt.

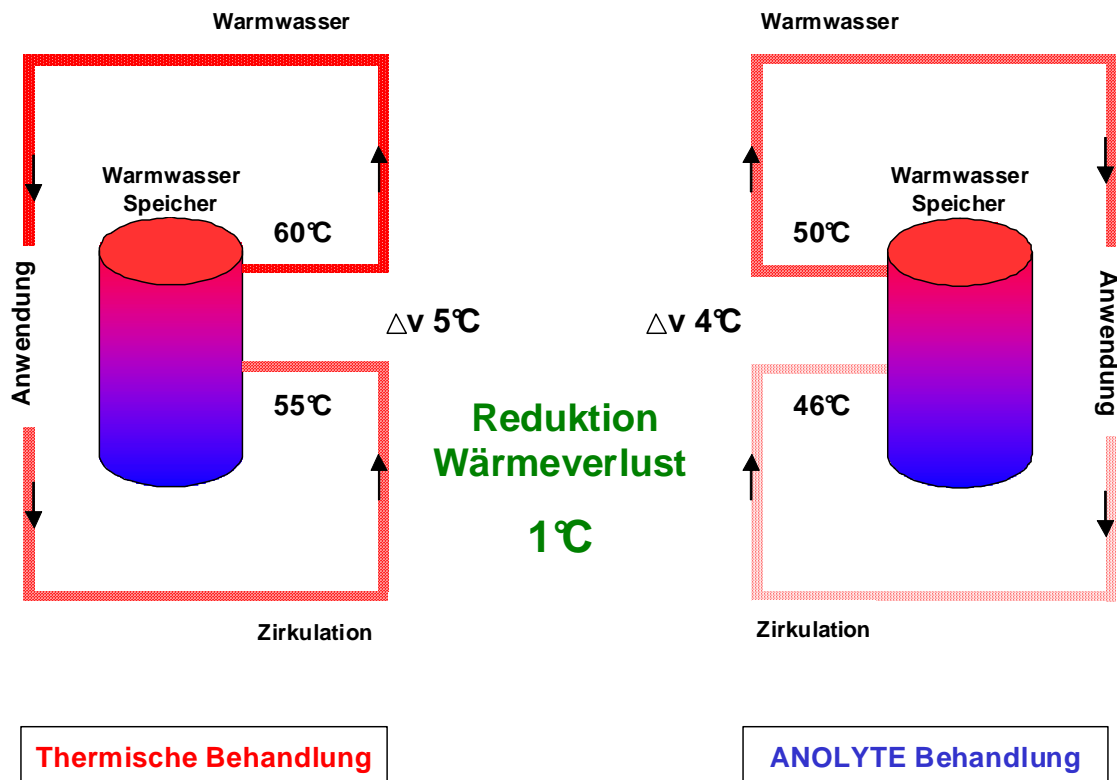


Bild 2: Schematische Darstellung – Reduktion der Zirkulationsverluste

Die Energie, die für die Erwärmung des Wassers notwendig ist, ergibt sich aus der spezifischen Wärmekapazität. Diese gibt an welche Wärmemenge einem Stoff pro Masseneinheit zugeführt werden muss um seine Temperatur um ein Kelvin zu erhöhen. Für Wasser liegt die spezifische Wärmekapazität bei 1,16 Kwh/m³, d.h. zur Erwärmung von 1 m³ Wasser sind 1,16 Kwh Energie notwendig.

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$$

- ΔQ Wärme, die der Materie zugeführt oder entzogen wird
- m Masse der Substanz
- c spezifische Wärmekapazität
- ΔT Temperaturänderung

Durch Umstellen der Gleichung erhalten wir die Einsparung, die durch den reduzierten Wärmeverlust im Bereich der Warmwasserzirkulation erreicht wird:

$$\rightarrow \Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\text{Energieeinsparung})$$

Je höher also die Zirkulationsleistung (m) und je größer die Temperaturverluste im Bereich der Zirkulation (ΔT) sind, desto mehr Energie (ΔQ) muss im Warmwasserbereiter aufgewendet werden. Bei der Senkung der Temperaturen am Ausgang der Warmwasserbereitung verringert sich der Wärmeverlust in der

Zirkulation zwischen dem Ausgang der Warmwasserbereitung und dem Zirkulationsrücklauf deutlich. Da die Warmwasserbereitstellung das ganze Jahr in Betrieb ist, ergibt sich bereits bei Verringerung des Wärmeverlustes um 1°C eine beträchtliche Einsparung, die selbst bei kleineren Einrichtungen mehrere tausend Euro pro Jahr betragen kann.

Die realisierten Einsparungen liegen deutlich über den Betriebskosten einer kontinuierlichen Warmwasserbehandlung mit Anolyte und sorgen so für kurze Amortisationszeiten der Membranzellenelektrolyse - Anlage. In Abhängigkeit von der Art der Wärmeerzeugung können auf diese Art ebenfalls die CO₂-Emissionen deutlich vermindert werden.

Weiterer Vorteil der niedrigen Warmwassertemperatur ist die geringere Verkalkung des Warmwassersystems, so dass die Wartungs- und Instandhaltungskosten sich merklich verringern. Die gesamte Warmwasserbereitung kann auf die geringeren Temperaturen ausgelegt werden und ist somit für die Kombination mit Erneuerbaren Energien (Wärmepumpe, solare Wärmenutzung) hervorragend geeignet und leistet hierbei einen wesentlichen Beitrag zum Nachhaltigen Bauen (Green Building).

3. Zusammenfassung und Ausblick

Auch für die Betreiber von Gesundheitseinrichtungen treffen verschiedene Interessen aufeinander. Einerseits sollen durch die Minimierung des Energieverbrauchs Kosten gesenkt und CO₂-Emissionen verringert werden, andererseits nehmen die Anforderungen an Komfort und Hygiene in den Einrichtungen immer mehr zu. Der Einsatz neuer Technologien ist notwendig, um diese Ziele zu erreichen. Die aktuelle Diskussion bzgl. der hygienischen Situation in Krankenhäusern und die neue Trinkwasserordnung 2011 mit mehreren Neuerungen zur Stärkung des Qualitätsstandards für Trinkwasser zeigen dies deutlich. Laut einer Stellungnahme des Umweltbundesamtes ist der Grund für die gesetzlichen Neuregelungen in Bezug auf Legionellen die Tatsache, dass die Legionellose in Deutschland mit die bedeutendste Krankheit ist, die durch Wasser übertragen werden kann. Die zahlreichen Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass auch zunehmend im Kaltwasser der Hausinstallation Probleme mit Verkeimungen auftreten und im Warmwasser eine ausschließlich thermische Legionellenprophylaxe langfristig kein Garant für eine zuverlässige Trinkwasserhygiene ist. So erfordert die zunehmende Verantwortung der Anlagenbetreiber und das erhöhte Sicherheitsbedürfnis der Nutzer besonders in medizinischen Einrichtungen eine erhöhte Aufmerksamkeit für dieses Thema.