

British Gas

ZUSAMMENFASSENDE BERICHT ÜBER DAS HYDROPATH
WASSERAUFBEREITUNGSGERÄT

R.L. STEVENS

*Materials Engineering Division
Research and Technology*

British Gas plc
Research & Technology
Watson House Research Station
Peterborough Road
London SW6 3HN
Telephone 071 736 1212

British Gas plc
Research and Technology Division
Watson House Research Station
Peterborough Road London SW6 JHN

Report No. WH/T/92/117

ZUSAMMENFASSENDE BERICHT ÜBER DAS HYDROPATH
WASSERAUFBEREITUNGSGERÄT
(Projektnummer: W05223A05)

Autor: R L Stevens

ZUSAMMENFASSUNG

In letzter Zeit hat es eine Zunahme an ablagerungsbedingten Bezirksproblemen mit gasbefeuerten Durchlauferhitzern und Kombiboilern gegeben. Dies ist in erster Linie auf die vermehrte Installation von Kombiboilern zurück zu führen.

Die Kundendienst Abteilung (HQ) bat WHRS deshalb darum, eine Auswahl von Wasseraufbereitungsgeräten und automatischen Chemie-Dosiergeräten zu bewerten, um deren Wirksamkeit zum Schutz von Geräten gegen Verkalkung zu ermitteln und den potenziellen Nutzen, der sich aus verminderter Inspektion und Wartung für British Gas ergibt, zu identifizieren.

Dieser Bericht ist eine Zusammenfassung der Auswertung und Leistung des Hydropath HP 18 Wasseraufbereitungsgeräts. In Tests auf dem WHRS Prüfstand schnitt dieses Gerät bedeutend besser ab als die Mehrheit der anderen getesteten nicht-chemischen Geräte. Es wurde gezeigt, dass das Gerät das Potenzial hat die Zeit bis zur Verstopfung eines Heißwasser-Wärmetauschers auf 263 Wochen zu verlängern. Dieses Ergebnis steht dem Besten der anderen Wasseraufbereitungsgeräte, bei dem die Zeit 99 Wochen beträgt, und der Zeit von 40 Wochen, wenn keine Aufbereitung genutzt wird, gegenüber.

Selbst wenn das Gerät nur in den schwerwiegendsten Fällen von Verkalkungsproblemen, (normalerweise 1%) der Boiler, angewendet wird dürften die potenziellen Einsparungen bei den Instandhaltungskosten für BG in den ersten 5 Jahren nicht weniger als £72.5m betragen.

British Gas plc
Research and Technology Division
Watson House Research Station
Peterborough Road
London SW6 JHN

Report No. WH/T/92/117

ZUSAMMENFASSENDE BERICHT ÜBER DAS HYDROPATH
WASSERAUFBEREITUNGSGERÄT
(Projektnummer: W05223A05)

INHALT

	<u>SEITE</u>
1. EINLEITUNG	1
2. HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZUR VERKALKUNG VON WÄRMETAUSCHERN AUFGRUND VON HARTEM WASSER	2
3. METHODE ZUR BEWERTUNG VON WASSERAUFBEREITUNGS- GERÄTEN	3
4. HYDROPATH (HP18) AUFBAU UND INSTALLATION	5
4.1 Leistung	5
4.1.1 Zusammenfassung der Testergebnisse	6
4.1.2 Getestete Hydropath-Geräte	7
4.1.2.1 Prototyp	7
4.1.2.2 Seriengerät	8
4.1.3 Zuverlässigkeit des Geräts	9
5. TECHNIK	10
5.1 Operationsmodus	11
5.1.1 Morphologie und Kristalle	12
5.1.2 Auswirkung der Temperatur	12
5.1.3 Vergleich mit anderen Wasserauf- bereitungsgesäten	13
6. VORTEILE FÜR BRITISH GAS	13
7. SCHLUSSFOLGERUNGEN	14
8. EMPFEHLUNGEN	15
9. QUELLEN	

British Gas plc
Research and Technology Division
Watson House Research Station
Peterborough Road
London SW6 JHN

Report No. WH/T/92/117

ZUSAMMENFASSENDE BERICHT ÜBER DAS HYDROPATH

WASSERAUFBEREITUNGSGERÄT

(Projektnummer: W05223A05)

1. EINLEITUNG

Ablagerungen durch hartes Wasser reduzieren fortschreitend die Effizienz von Wasserheizgeräten und resultieren letztlich in Überhitzung und Korrosionsschäden der Wärmetauscher.

Auf Ersuchen des Kundendienstes (HQ, Holborn) hat WHRS eine Auswahl an Wasseraufbereitungsgeräten und automatischen Chemiedosiergeräten beurteilt um festzustellen wie effektiv diese Geräte vor Ablagerungen schützen. Eine Auswertung des ökonomischen Nutzen, der sich aus reduzierter Instandhaltung und Wartung ergibt, wurde ebenfalls erbeten.

Wasseraufbereitungsgeräte ändern die Komposition oder Qualität des Wassers nicht. Es wird behauptet, dass sie die Bildungsgeschwindigkeit und die Morphologie von Kalziumkarbonatablagerungen beeinflussen, was wiederum die Verkalkung von Wärmetauschern durch hartes Wasser verhindert.

Dieser Bericht fasst die Auswertung und Leistung eines der Geräte, dem Hydropath HP18, zusammen. Dieses elektromagnetische Gerät hat einige einzigartige Betriebseigenschaften welche z.B. den Dauerbetrieb bei hohen Temperaturen einschließen. Außerdem arbeitet der Hydropath H18 im Gegensatz zu allen anderen Geräten, die bisher getestet wurden bei allen Durchflussgeschwindigkeiten. Andere Geräte sind abhängig von der Durchflussgeschwindigkeit und Änderungen im magnetischen Spalt. Der HP18 zeigte eine deutlich überlegene Leistung verglichen mit den anderen getesteten Geräten.

Vergleichstabellen der Leistung verschiedener Geräte und Vorteile der Verwendung des HP18 Geräts werden aufgezeigt.

2. HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZUR VERKALKUNG VON WÄRMETAUSCHERN DURCH HARTES WASSER

Schätzungen haben ergeben, dass die Verkalkung von Wärmetauschern die Industrie in Großbritannien jährlich über 2 Milliarden kostet. Die Wasserhärte wird aufgrund von Kalziumkarbonat, Kalziumsulfat, Kalziumphosphat, Magnesiumhydroxid und Silikaten bestimmt, die im Wasser als Härtesalze gelöst sind. Kalkspat, die häufigste Form des Kalziumkarbonats in durch hartes Wasser verursachten Ablagerungen, lagert sich aus der Lösung heraus ab, wenn Wasser erhitzt wird und formt harte Ablagerungen in Rohren und Oberflächen von Wärmetauschern. Diese Ablagerungen reduzieren fortschreitend die Effizienz der Wasserheizungsgeräte und führen letztlich zu Überhitzung und möglicherweise zum Ausfall von Wärmetauscherrohren aufgrund von Korrosion. Abhängig von der Menge an Kalziumkarbonat im Wasser kann das Problem der Verkalkung verschlimmert werden. Härtesalze haben eine inverse Löslichkeit in Wasser, d.h. mit Zunahme der Wassertemperaturen werden diese Salze unlöslich und fallen aus der Lösung aus. Die Menge an Ablagerungen steigt mit Zunahme der Wassertemperatur. Zum Beispiel kann Wasser mit 145ppm Kalkspat, das mit 5000 Litern pro Tag und einer Wassertemperatur von 60 °C fließt, jedes Jahr 4.8 Kg Ablagerungen verursachen. Bei einer Temperatur von 80 °C produziert es 29.9 Kg. Dies hat Auswirkungen auf die Instandhaltung und Wartung von Warmwassergeräten, z.B. eines Durchlauferhitzers. Diese Geräte können besonders in großbritannischen Gegenden mit hoher Wasserhärte (> 300 ppm Härte) der raschen Bildung von Ablagerungen unterworfen sein.

Es gibt mehrere Methoden die angewendet werden um Ablagerungen in Wärmetauschern zu vermeiden. Wasserenthärtung und chemische Behandlung sind sowohl teuer als auch aufwendig.

Wasseraufbereitung, unter Verwendung magnetischer und elektronischer Geräte, gibt es bereits seit 50 - 60 Jahren ohne

Erfolg. Es mangelt an wissenschaftlichen Beweisen für ihre Wirksamkeit im Hinblick auf die Vermeidung von Ablagerungen. Innerhalb der letzten fünf Jahre hat es einen Wiederanstieg an Patenten für Neukonstruktionen gegeben. Solche Geräte erzielen bessere Leistungen als ihre Vorgänger; ihre Anzahl und Vielfalt haben im häuslichen Umfeld sind gestiegen. Als Teil einer allgemeinen umweltpolitischen Bewegung hat die Forschung in vielen Ländern in den letzten Jahren zugenommen, und es fanden gut gestaltete Experimente statt, die positive Ergebnisse von grundlegendem Nutzen und Ausführungen über Mechanismen für das Verhindern von Ablagerungen geliefert haben.

In letzter Zeit hat es eine Zunahme an Bezirksproblemen mit gasbefeueerten Durchlauferhitzern und Kombiboilern gegeben.

Die Kundendienst Abteilung (HQ) bat WHRS deshalb darum, eine Auswahl von Wasseraufbereitungs- und automatischen Chemie-Dosiergeräten zu bewerten um deren Wirksamkeit im Schutz von Geräten gegen Versteinung zu ermitteln und den potenziellen Nutzen, der sich aus reduzierter Inspektion und Wartung für British Gas ergibt, zu identifizieren.

3. METHODE ZUR BEWERTUNG VON WASSERAUFBEREITUNGSGERÄTEN

Eine Anzahl von magnetischen und elektromagnetischen Wasseraufbereitungsgeräten wurde auf dem WHRS Prüfstand in einem Bezirk mit hartem Wasser (> 300ppm Härte) getestet. Eine Serie von identischen Durchlauferhitzern wurde in Parallelschaltung betrieben. Allen außer den beiden Kontrollgeräten wurden verschiedene Wasseraufbereitungsgeräte in Übereinstimmung mit den Angaben der Hersteller der Wasseraufbereitungsgeräte vorgeschaltet. Alle Warmwasserbereiter wurden vollständig instrumentiert und wurden so lange nach demselben zyklischen Muster betrieben, bis sie durch Ablagerungen verstopften und automatisch

abschalteten. Die aufgezeichnete Zeit bis zum Ausfall durch Verstopfung wurde extrapoliert, um das typische Gebrauchsmuster für Warmwasserbereiter zu berücksichtigen. Die Ergebnisse wurden in Tabelle 1 verglichen. Eine detailliertere Analyse der Ergebnisse wird zur Zeit durchgeführt und zu gegebener Zeit in einem vollständigen R&T technischen Bericht festgehalten.

Das Testregime wurde so entworfen, dass es für den realen aber starken Gebrauch von Warmwasserbereitern repräsentativ ist. Die Testvorrichtung wurde so eingestellt, dass sie kontrollierte Wasserströmungsraten, Wärmefluss und Wärmetauschergeometrie lieferte, um die Fähigkeiten dieser neuen Generation von verbesserten (Entwurf und Feldstärke) Wasseraufbereitungsgeräten zu testen. Rippenrohrwärmetauscher mit geringem Durchmesser und hohem Wärmefluss sorgten für einen strengen Test dieser Geräte.

Obwohl alle Geräte einen physikochemischen Effekt auf das Kalziumkarbonat im Wasser hatten, waren keine der technischen Permanentmagnetgeräte wirklich wirksam in der Vermeidung von Ablagerungen. Die meisten Geräte schienen die Formung des harten Kalkspats auf Kosten von Aragonit, einer weniger dichten Form der Ablagerung, die sich aber bei Temperaturen über 55 °C dennoch an den Rohrwänden festsetzt, teilweise einzuschränken.

Die elektrolytischen, elektromagnetischen und elektroakustischen Geräte waren lediglich in der Lage die Zeit bis zum Ausfall um etwa 50% zu steigern. Die automatischen chemischen Dosiergeräte (Fernox Limited "Quantomat" und der Cisternmiser Limited "Combimate") verhinderten während des gesamten Tests eine Verstopfung. Diese Geräte sind Polyphosphat-Dosiergeräte, die sich im Bezirk bewährt haben.

Das ideale Gerät für die Reduzierung oder die Behebung von Ablagerungsproblemen durch hartes Wasser sollte fortlaufend

wirkungsvoll, preiswert und einfach zu bedienen sein. Weiter sollte es nicht ständig die Aufmerksamkeit des Benutzers erfordern und lange Betriebszeiten ohne die Notwendigkeit der Wartung haben.

Das elektromagnetische Wasseraufbereitungsgerät Hydropath kam auf unserem Prüfstand diesem Ideal sehr nahe und übertraf die Leistung aller anderen Nicht-Dosiergeräte bei Weitem. Seine Leistung im Vergleich zu den anderen Geräten ist offensichtlich (Tabelle 1) und würde im Bezirk einen Feldversuch in großem Stil rechtfertigen. Dieser wurde nun vom Kundendienst HQ, Holborn veranlasst. Bis heute wurden im Bezirk keine Ausfälle verzeichnet und die Geräte arbeiten zufriedenstellend an neuen gasbefeuerter Geräten und gasbefeuerter Geräten an denen zuvor bereits Ablagerungen auftraten.

4. HYDROPATH (HP18) Aufbau und Installation

Der Hydropath ist ein auf Genauigkeit konstruiertes elektromagnetisches Wasseraufbereitungsgerät (Abbildung 1). Das produzierte elektromagnetische Feld ist ein Wechselstromfeld. Es ist ein Hochfrequenz verbreitendes Feld, das bei Schwachstrom von 4-6 Watt generiert wird.

Die Konstruktionsdetails zeigen, dass das Gerät aus einer Stromversorgungseinheit besteht, die Mikrochipelektronik und einen Messfühler einschließt. Die Stromversorgungseinheit enthält die Energiequelle sowie die Steuerungselektronik. Die Einheit wird einfach in eine Fassung mit 13 Ampere gesteckt. Der Messfühler lässt sich ganz leicht am Wasserrohr, für gewöhnlich an der aufsteigenden Hauptleitung in einem Haus oder dem Wasserzuleitungsrohr, anbringen um ein Gerät oder Heizungssystem zu schützen. Der Messfühler enthält den Sensor der den Wasserfluss erfasst, sowie den elektromagnetischen Sender.

Der Hersteller behauptet, dass der Hydropath HP18 in seiner Fähigkeit das Wasser in direktem Verhältnis

zur Durchflussgeschwindigkeit zu konditionieren einzigartig ist. Weiterhin stellt sich der Behandlungsgrad automatisch so ein, dass bereits vorhandene Ablagerungen beseitigt werden. Diese Wirkung setzt sich durch das gesamte Wasserrohrsystems des Hauses oder der Installation fort.

4.1 Leistung

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass der Hydropath unter den harten Testbedingungen einen Leistungspegel erreichte, der fast dreimal besser ist als der des Besten der anderen Wasseraufbereitungsgeräte. Es ist damit das erste nicht-chemische Wasseraufbereitungsgerät des von British Gas benötigten Typs, das Potenzial für die Reduzierung von Ablagerungen zeigt und ökonomischen Nutzen durch reduzierte Instandhaltung und Wartung an gasbefeuereten Warmwasserbereitern und Boilern bietet.

4.1.1 Zusammenfassung der Testergebnisse

Tabelle 1 veranschaulicht die im Vergleich mit den anderen Testgeräten gute Leistung des Hydropath HP18 und zeigt, dass der HP18 die Zeit bis zur Verstopfung auf bis zu 5 Jahre anhebt. Tabelle 2 enthält weitere Leistungsdaten im Vergleich mit dem Kontrollgerät ohne die Anbringung einer Schutzvorrichtung am Gerät. Die automatischen chemischen Dosiergeräte Quantomat und Combimate wurden aus Gründen der Vollständigkeit eingeschlossen. Der Quantomat und Combimate verhinderten während des gesamten Tests eine Verstopfung. Diese Geräte sind Polyphosphat-Dosiergeräte, die sich im Bezirk bewährt haben.

Es wurde beobachtet, dass beim Hydropath Gerät und der Mehrheit der anderen Geräte die Verstopfung im Abschnitt 5 auftrat (Abbildung 2) während die Kontrollgeräte Verstopfungen in mehreren Rinnen zeigten. Letzteres entspricht der normalen Art der Ablagerungen in Wärmetauschern. Es ist auch offensichtlich, dass die Ablagerungen, egal ob es sich um Aragonit- oder

Kalkspatablagerungen handelt (für die genaue Verteilung siehe Tabelle 2), an den Flächen der elliptisch geformten Wärmetauscherrohre auftreten, an denen ein hoher Wärmefluss stattfindet. Manche der Geräte zeigen einen hohen Anteil an Aragonit. Dies schützte den Wärmetauscher jedoch nicht vor Ablagerungen und Verstopfung. Oft wird von Herstellern dieser Geräte damit geworben, dass weiche Ablagerungen entstehen, die nicht so stark an den Wärmetauscheroberflächen haften und normalerweise durch den Wasserfluss aus dem System geschwemmt werden. Dies war im Test jedoch nicht zu beobachten.

Verstopfungen können aufgrund der kleinen Bohrung und der elliptischen Form der Rohre auftreten. Laut unseren Ergebnissen haftet die Ablagerung an den erwärmten Oberflächen, egal welche Art von Kalziumkarbonat ausfällt.

In der Literatur steht zumeist, dass vorwiegend Aragonit (weichere Art) entsteht. Jedoch ist, obwohl es eine Reihe von aktuellen Theorien gibt (1,2), nicht bekannt was genau bestimmt welche Art von Kalziumkarbonat (Kalkspat oder Aragonit) abgelagert wird oder warum.

Desweiteren spielen die vom Kraftfeld verursachten Verwirbelungen, Konvektionsströme die durch das Erhitzen des Wassers entstehen und Heterokerne im Wasser eine Rolle bei der Entstehung und endgültigen Morphologie der gebildeten Kalziumkarbonatkristalle.

Normalerweise herrscht bei Temperaturen unter 55° C Aragonit vor und bei höheren Temperaturen Kalkspat.

Da angedeutet wird, dass diese Aufbereitungsgeräte bewirken, dass Kalziumkarbonatkristalle aus der Lösung ins fließende Wasser ausfallen sagt man, dass das Wasser in Bezug auf Kalziumkarbonat nicht gesättigt ist. Deshalb ist, wenn das Wasser über vorhandene Ablagerungen fließt, der von den Herstellern beabsichtigte Prozess die Wiederauflösung der alten Ablagerungen bei niedrigeren Temperaturen als an den Stellen mit

hohem Wärmefluss. Abschnitte des Wärmetauschers die näher am Kaltwasserzufluss liegen haben in der frühen Phase des Heizzyklus niedrigere Temperaturen.

Die Wirkung der Temperatur auf die Ausfällung des Kalziumkarbonats kann nicht aufgehoben werden.

Deshalb sollte das Gerät dazu fähig sein, bei hohen Temperaturen in der selben Weise zu funktionieren, wie dies bei Temperaturen unter 55° C der Fall ist. Wie aus seinem Verbesserungswert ersichtlich ist scheint der HydroPath HP18 dies unter den Testbedingungen zu tun. Der HP18 hat daher im Gegensatz zu den anderen getesteten Geräten das Potenzial den gesamten Temperaturbereich von Wasserheizungsgeräten abzudecken.

4.1.2 Getestete HydroPath-Geräte

4.1.2.1 Prototyp

Zwei HP18 Geräte wurden getestet. Eines war ein laborgefertigter Prototyp und das andere stammte aus der Erstfertigung.

Es sollte beachtet werden, dass der Prototyp 11.425 plus 8.625 Umläufe (20.050 Umläufe) beendete, bevor die rote LED Leuchte am Gerät ausfiel, was anzeigt, dass es nicht korrekt arbeitete. Dies war die Folge eines festsitzenden Regelwiderstandes, verursacht durch die grosse Hitze und Luftfeuchtigkeit in der Testumgebung. Der Prototyp wurde vom Hersteller als Garantiefall durch ein Seriengerät ersetzt.

4.1.2.2 Seriengerät

Das Seriengerät entsprach dem Design des Prototyp, mit dem Unterschied, dass die Mikrochiptechnologie verbessert und einige Komponenten, einschliesslich des Umwandlers, verändert wurden. Das Gerät wurde außerdem im Laufe der Produktion einer Qualitätskontrolle unterzogen.

Das Gerät wurde zum Schutz eines modifizierten Wärmetauschers vorgesehen. Die Änderung bestand aus Wärmefühlern mit 2 mm Durchmesser, die in den Abschnitten 2,3,4 und 5 auf halbem Weg entlang der Länge im zentralen Pfad des Wasserstroms in den Wasserkanal des gerippten Wärmetauschergehäuses eingeführt wurden. Die Wärmetauschereinheit verstopfte nach 5.256 Zyklen. Das LED-Licht des Hydropath-Gerät war an, was anzeigte, dass die Einheit betriebsbereit war. Wie sich herausstellte hatten die verchromten Kontaktschrauben am Umformer nicht alle Kontakt zum 15mm Durchmesser Kaltwasser-Kupferrohr-Einlauf des Geräts. Dies könnte durch die Lockerung der Nylonverbindungen, die den Umformer mit dem Rohr verbanden, oder lokalen Vibrationen des Prüfstandes auf dem das Gerät installiert war, verursacht worden sein. Es ist möglich, dass dies die Quelle der unerwarteten vorzeitigen Verstopfung dieser Wärmetauschereinheit war.

Der Schaltkreiswiderstand ist normalerweise sehr gering, wird aber bedeutend durch einen hohen Stromabfall am Kupferrohr/ an der Wasserschnittstelle gesteigert, wenn kein richtiger Kontakt mit dem Kupferrohr zustande kommt. Dies könnte die Geschwindigkeit mit der die Bildung von Ablagerungen verhindert wird verringern oder beeinflussen und die Frage nach der Zuverlässigkeit des Geräts aufwerfen.

4.1.3 Zuverlässigkeit des Geräts

Der elektronische Schaltkreis des Wasseraufbereitungsgeräts besteht aus einer bescheidenen Anzahl von einzelnen Bauelementen wie z.B. Widerständen, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, Transformatoren und drei integrierten Schaltkreisen. Alle Elemente sind Teil gängiger Technologien und es sollte keine Schwierigkeiten geben die theoretische Standard-Fehlerraten-Analyse durchzuführen, indem z.B. MIL-HDBK-217 Daten benutzt werden. Dies könnte betriebsintern geschehen.

Alternativ oder parallel zur theoretischen Zuverlässigkeitsanalyse können die üblichen beschleunigten statistischen Lebensdauertests an einer Anzahl dieser Wasseraufbereiter mit Hilfe der "Hochtemperatur-Belastungsmethode" durchgeführt werden. Da die erfolgreiche Leistung des Wasseraufbereiters von in einem Stück Kupferrohr induzierten Hochfrequenzstrom abhängt, ist es notwendig eine Messmethode zu entwickeln und die relevanten Parameter des Stroms aufzuzeichnen um jeglichen stufenweisen zeitabhängigen Leistungsabfall oder einen Defekt des Wasseraufbereiters zu erkennen.

Eine schwache Eigenschaft des Aufbereiters ist die Methode den Messfühler durch Standard-Nylonbänder mit einem Kupferrohr zu verbinden. Vier verchromte Schraubenköpfe werden als Kontakte benutzt, aber da der Schaltkreiswiderstand sehr gering ist sorgt jeder Anstieg im Kontaktwiderstand aufgrund von, z.B. Korrosion oder Wärmeausdehnung der Nylonplastikbänder, für einen drastischen Anstieg des Schaltkreiswiderstandes.

Wenn solch ein Anstieg im Schaltkreiswiderstand auftritt verringert sich die Amplitude des Hochfrequenzstroms, was zu einer entsprechenden Reduktion der Wirksamkeit des Wasseraufbereitungsgeräts führt. Es ist daher ratsam eine zuverlässigere Methode für die Herstellung eines elektrischen Kontakts zu verwenden, z.B. einen mit Sprungfeder versehenen Messfühler.

Ein anderer Schwachpunkt ist der Mangel eines Hinweises oder Signals im Falle eines Ausfalls: es kann Wochen dauern bis der Benutzer bemerkt, dass der Wasseraufbereiter nicht funktioniert. Eventuell wird dies erst vermutet, wenn der Wärmetauscher verstopft ist.

Desweiteren sollte das Gerät im Hinblick auf eine passende Funkemissionsnorm getestet werden um sicherzustellen, dass es der EC Richtlinie für EMC entspricht.

5. TECHNIK

Das Hydropath Gerät ist einzigartig in der Weise in der das elektromagnetische Feld auf das Wasser angewandt wird und der Art wie das Gerät die Stärke des Felds entsprechend der vom Sensor in der Umformereinheit überwachten Strömungsrate variiert. Diese beiden Faktoren sind entscheidend für die Wirksamkeit des Geräts in der Vermeidung von Ablagerungen bei niedrigen und hohen Temperaturen unter verschiedenen Wärmeflussbedingungen. Diese Faktoren unterscheiden es von anderen elektromagnetischen Geräten.

5.1 Operationsmodus

Der Operationsmodus basiert auf einem alternierenden elektromagnetischen Feld, das über das wasserführende Kupferrohr im rechten Winkel zur Wasserströmung angewandt wird. Die Feldstärke zeigt einen sinusförmigen Abfall und die Impulszahl wird von einem Wasserströmungssensor (einem Mikrofon) reguliert. Die Hersteller behaupten, dass sich die Wirkung des Magnetfelds durch das ganze System fortsetzt. Dies ist im Einklang mit dem Stromfluss in einem koaxialen Feld, d.h. dem Kupferrohr und dem Wasser, die beide gute Leiter sind. Die Wirksamkeit des Geräts wird vom im Kupferrohr herbeigeführten Hochfrequenzstrom bestimmt.

Ein Skineffekt wird in jedem koaxialen Hochfrequenzleiter mit Wechselstrom generiert, d.h. der Stromfluss ist im Zentrum stärker als an der Oberfläche des Leiters. Der Verlust bei Hochfrequenzen in koaxialen Leitern ist zurückzuführen auf den Skineffekt, der den Strom im zentralen Kern zwingt nahe seiner Oberfläche zu fließen, was den Widerstand des Leiters erhöht. Im Falle des koaxialen Systems von Kupferrohr und Wasser bewegen sich alle Elektronen (Strom) an der Rohr/Wasserschnittstelle. Deshalb wird der Strom vom Rohr

und im Wasser geleitet. Alle Elektronen (Strom) im Wasser fließen an der Skin-Schnittstelle, während Elektronen (Strom) am Rohr im Kupferrohr fließen. Ein Schutzschild wird angewandt, um die Bildung von Kalziumkarbonat sowohl im Zentrum als auch an der Schnittstelle zu erzwingen.

Im elektromagnetischen Feld sind die Energiebahnen im Zentrum des Leiters am stärksten. In jedem System gibt es einen Anstieg und Abfall des Feldes und die Geschwindigkeit dieses Prozesses wird gesteigert wenn die Frequenz ansteigt. Ein Gegen-EMK bildet sich, der den Widerstand des zentralen Leiters (Wasser) erhöht, was den Strom zur Oberfläche des Leiters (Rohr/Wasserschnittstelle) drückt. Die Leistung die für den Prozess der Interaktion mit geladenen Teilchen im Wasser bereitgestellt wird, wird mit Hilfe des Strömungssensors im Umformer kontrolliert.

Die Kristallbildung geht dem Wachstum voraus, wobei der tatsächliche Mechanismus immer noch unklar ist. Jede Art von Stoff (Salze usw.) im Wasser neigt dazu sich nahe der Rohr/Wasserschnittstelle anzureichern. Dies trifft besonders auf geladene Teilchen zu. Diese interagieren mit dem magnetischen Feld und werden von diesem beeinflusst. Sie werden vom Feld an der Schnittstelle gehalten von der Rohroberfläche abgestossen. Freie Elektronen, die an der Schnittstelle gebildet werden interagieren um die Bildung von geladenen Teilchen zu unterstützen, während Heterokerne (organische Substanzen, Rostteilchen, Korrosionsprodukte) auch eine Rolle beim Ausstreuen von noch nicht ausgereiften Kernen spielen.

5.1.1 Morphologie und Kristalle

Anhäufungen geladener Arten dieser Kerne werden vom Schnittstellenkraftfeld abgestoßen, um Kristalle (nur Mikrometer groß) zu formen und sich stromabwärts zu bewegen.

Weil es ein Wechselstromfeld gibt werden diese geladenen Teilchen in einem starken Feld vom Zentrum zur Schnittstelle im Wechsel festgehalten und abgestossen. Das Zusammenspiel von Heterokernen und thermischer Vibration durch Erhitzen des Wassers kann auch die endgültige Form der unfertigen Kerne und die Morphologie der Kristalle bestimmen, die eine feine Suspension bilden und letztendlich koagulieren um in einer aufgewühlten Umgebung mit Wasserströmung und Wärmekonvektion durch Erhitzung des Wassers größere Kristalle zu formen.

Der Hydropath ist ständig in Betrieb und ist, obwohl er diese misst, unabhängig von der Strömung. Mit seinem gepulsten Wechselstromfeld hält es fortlaufend Kerne fest oder gibt diese im ganzen System ab. Weil es ein koaxiales System ist, findet der Stromfluss entlang der gesamten Länge des Rohrsystems statt, lässt allerdings stromabwärts, besonders an Krümmungen, etwas nach. Der Stromfluss deckt damit den gesamten Kreislauf ab. Der Stromfluss auf dem Kupferrohr in einem Schwachstrom-Wechselstrom-Hochfrequenz-Gerät verursacht für gewöhnlich keine Korrosion.

5.1.2 Auswirkung der Temperatur

Der Hydropath HP18 funktioniert auch bei hohen Temperaturen (95-100 °C). Dies ist möglich aufgrund der durchgehenden Leitfähigkeit an der Rohr/Wasserschnittstelle in einem koaxialen Kreislauf. Sowohl Kupferrohr als auch Wasser haben einen positiven Widerstandsbeiwert und es gibt keine Leistungsverringerung in Bezug auf die Reduzierung von Ablagerungen bei hohen Temperaturen.

5.1.3 Vergleich mit anderen Wasseraufbereitungsgeräten

Keines der anderen elektromagnetischen Geräte auf dem Markt hat die einzigartigen Eigenschaften des HydroPath, da die anderen Geräte nur in der direkten Umgebung des Gerätes innerhalb des hergestellten Kraftfelds eine Wirkung auf die Härtesalze im Wasser haben. Ebenso beeinflussen andere Dauermagnetgeräte Ablagerungen nur in der Umgebung des Kraftfelds und nur unter vom Design abhängigen Ringspalt-Einschränkungen. Der HydroPath HP18 arbeitet gleichmäßig im ganzen System und ist strömungsunabhängig, während die anderen Geräte strömungsabhängig sind.

Es ist wichtig den Operationsmodus von gewöhnlichen magnetischen Geräten und die Tatsache, dass Härtesalze eine inverse Löslichkeit in Wasser haben, d.h. mit steigender Temperatur fällen Kalkspat und Aragonit (kristalline Formen von Kalziumkarbonat) als harte Ablagerungen an Wärmetauscheroberflächen aus, zu beachten. Bei niedrigeren Temperaturen $< 55^{\circ}$ C scheinen manche der magnetischen Geräte eine Beeinflussung der rapiden Ablagerung durch Bildung von Kalziumkarbonat in einer der kristallinen Formen zu zeigen. Bei Temperaturen von $70, 80$ und 90° C gibt es eine Abnahme in der Leistungsfähigkeit dieser Geräte. Der HydroPath ist aufgrund seines Designs auf diese für gasbefeuerte Durchlauferhitzer kritische Temperaturspanne ausgerichtet. Für das Design dieser Geräte und für zukünftige Entwürfe von Wärmetauschern für Kombiboiler und Hochleistungsbrennwertkessel sind Rohre mit geringem Durchmesser und hohem Wärmefluss wichtig.

6. VORTEILE FÜR BRITISH GAS

Es gibt etwa 12,5 Millionen Wasserheizgeräte in Installationen der British Gas in Großbritannien. Diese setzen sich aus 9 Millionen Boilern, 1 Million Kombiboilern und 2,6 Millionen Durchlauferhitzern zusammen. In bestimmten Bereichen mit hartem Wasser ergeben sich häufig schon

innerhalb von 6 Monaten nach der Installation Probleme aufgrund vorzeitiger Verstopfung durch Ablagerungen. Dies ist besonders bei Durchlauferhitzern, gusseisernen Boilern und Kombiboilern der Fall.

Die Entkalkung von Boilern durch Subunternehmer würde sich auf ungefähr £300/Boiler belaufen, abhängig von der Schwere der Ablagerungen. Dies schließt die Isolierung des Boilers vor Ort, Entkalkung (24 - 48 Stunden pumpen), Neutralisierung und schließlich das Ausspülen vor der Reinstallation ein. Es ist ein sehr arbeitsintensiver 24-72-Stunden-Job.

Der übliche Kostensatz für Durchlauferhitzer ergibt sich aus Anfahrtskosten plus Kosten für den Wärmetauscher und beträgt im Durchschnitt £40 pro Gerät. Dies ist unkompliziert und einfacher als bei einem Boiler.

Im Durchschnitt würden sich die Anfahrts- und Entkalkungskosten für Boiler und Durchlauferhitzer auf ungefähr 170 pro Gerät belaufen. Wenn nur 1% der Gesamtgerätezahl durch Verkalkung gefährdet wäre und man von 3 Hauptkunden, d.h. 125.000 Geräte, ausgeht würde dies unsere Industrie pro Jahr £21,25 Millionen kosten. Daher belaufen sich die Einsparungen, die British Gas durch die relativ bescheidene Investition von £12,5 Millionen in Hydrotech Geräte für stark und mittelmässig gefährdete Bezirke machen kann, über einen Zeitraum von 5 Jahren auf £72,5 Millionen. Diese Zahl ergibt sich aus 85 Millionen Einsparung minus der Investition von £12,5 Millionen für die Geräte.

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Unter dem strengen Testregime unter Verwendung von Rohren mit kleiner Bohrung und hohem Wärmefluss wurde bewiesen, dass der Hydrotech HP18 wesentlich bessere Leistungen erbringt als die anderen getesteten nicht-chemischen Geräte. Dies bringt große

Vorteile für die Instandhaltung und Wartung von Wasserheizgeräten mit sich. Die Lebensdauerergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass, abhängig von der Verlässlichkeit der HP18 Bauteile, zwischen Wartungen oder Verstopfungen mindestens zweieinhalb bis fünf Jahre liegen.

Den Behauptungen des Herstellers zufolge ist die Technik in großer Masse fundiert und der HP18 ist das einzige Gerät, das der Idealvorstellung eines Geräts zur Reduzierung/Verhinderung von Ablagerungen, das dauerhaft auch bei hohen Temperaturen in Betrieb sein kann, nahe kommt. Dies ist eine notwendige und ausschließlich von gasbefeuelten Wasserheizgeräten geforderte Eigenschaft.

Die Installation ist einfach, da sie nur erfordert das Umformergerät an der Hauptleitung zu montieren und die Stromquelle in eine 13-Ampere Buchse zu stecken. Es gibt keine beweglichen Teile und das Gerät wird äußerlich montiert. Allerdings gibt es zur Zeit Fragen zur Zuverlässigkeit, die noch angesprochen werden müssen. Diese beziehen sich vor allem auf die Art wie der Umformer am Rohr montiert wird.

Die Einführung des Geräts mit ausführlichen regionalen Probeläufen sollte Daten über die weitergehenden ökonomischen Vorteile für die Instandhaltung und Wartung einer großen Anzahl vorhandener und zukünftiger Geräte liefern.

8. EMPFEHLUNGEN

Die weitläufige Verwendung des HydroPath Geräts in den Regionen zur Reduzierung von Wartungs- und Instandhaltungskosten die durch Verkalkung aufgrund von hartem Wasser entstehen, sollte gut abgewägt werden.

9. QUELLEN

- 1) J.D. Donaldson, Scale Prevention and Descaling Tube International 1988, pp 39–49.

- 2) S.N. Grimes, Magnetic Field Effect on Crystals Tube
International 1988, pp 111–114.

Heißwasserabfluss

Kaltwasserzufluss

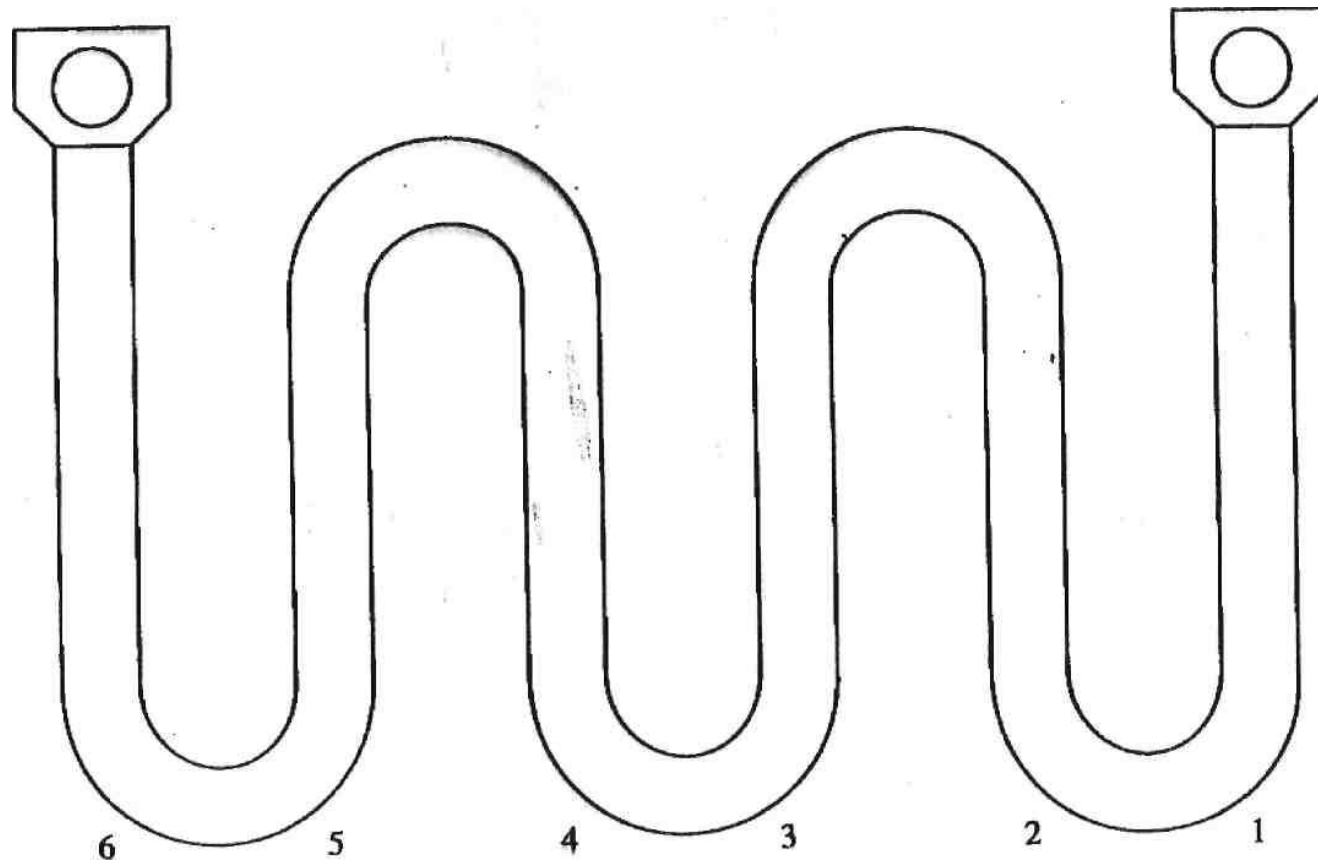


Abbildung 2: Skizze eines gerippten Kupferrohrs eines Durchlauferhitzers

TABELLE 1
ZUSAMMENFASSUNG DER LEISTUNG DER GETESTETEN
GERÄTE

GERÄT	ZYKLEN BIS ZUR VERSTOPFU NG	VERBESSERUNG b/a	LEBENSDAUER BIS ZUR VERSTOPFUNG (WOCHEN)	KOSTEN £
KONTROLLGERÄTE	1697 (a)	1,00	40,40	Kein Gerät
HDL	1580 (b)	0,93	37,60	82,65 exkl. MwSt.
AQUADIAL	1589 (b)	0,94	37,80	31,00 exkl. MwSt.
WIZARD	1712 (b)	1,01	40,80	49,99 exkl. MwSt.
POLAR	1999 (b)	1,18	47,60	151,23 exkl. MwSt.
MAGNAFLO DESCALAMATIC	4176 (b)	2,46	99,40	232,14 exkl. MwSt.
SCALEMASTER	1856 (b)	1,09	44,20	65,50 exkl. MwSt.
SCALEWATCHER	3411 (b)	2,01	81,20	180,00 exkl. MwSt.
HYDROMAG	3397 (b)	2,00	80,90	400,00 exkl. MwSt.
HYDROPATH HP18 (PROTOTYP)	11425 (b)	6,50	263	200,00 inkl. MwSt.
WIEDERHOLUNGSTEST HYDROPATH HP18 (DAS GLEICHE GERÄT WIE OBEN, FORTFÜHRUNG DES	8625 (b)	5,08	205	200,00 inkl. MwSt.

TESTS)				
HYDROPATH (SERIENGERÄT WIEDERHOLUNGSTEST)	5256 (b)	3,10	125	200,00 inkl. MwSt.