

# Vorschläge der UBA/VDMA-Arbeitsgruppe zur Überarbeitung des europäischen BREF-Dokumentes „Industrial Cooling Systems“

9. VDMA-Kühlturmtagung, 24. November 2011

Prof. Dr. Karl-Erich Köppke

## Zusammenfassung

Im Auftrage des Umweltbundesamtes wurde das Ingenieurbüro Dr. Köppke, Bad Oeynhausen mit der Überarbeitung des BREFs „Industrial Cooling Systems“ beauftragt. Anfangs war nur die Überarbeitung der in den verschiedenen Tabellen dargelegten Daten vorgesehen. Um dies zu ermöglichen, wurde mit Zustimmung des Umweltbundesamtes eine Arbeitsgruppe mit Unterstützung des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) gegründet, an der auch der Obmann der EUROVENT-Gruppe beteiligt war. In mehreren Sitzungen wurden die Themenbereiche festgelegt, die aus Sicht des Arbeitskreises in dem bestehenden BREF zu bearbeiten waren.

Im Verlauf der Bearbeitung stellte sich jedoch in den verschiedenen Diskussionen mehr und mehr heraus, dass eigentlich das gesamte BREF einer Revision bedarf. Dieser Auffassung schloss sich auch das Umweltbundesamt an, weil im EIPPC-Büro in Sevilla bislang kein Bearbeiter benannt worden ist.

In dem nunmehr vorgelegten Vorschlag der Arbeitsgruppe werden neue Aspekte der Kühlung industrieller Prozesse betrachtet [Köppke, 2011]. Zum Beispiel wird der Klimawandel in Zukunft einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Umweltbedingungen für Kühlsysteme haben (Kapitel 1.4.4). Ein weiterer Punkt ist die Einführung von REACH, dessen Vorgaben zur Produktion und Anwendung von Chemikalien zur Kühlwasserkonditionierung beachtet werden müssen (Kapitel 3.4.5.1). Darüber hinaus wird die Bedeutung der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung aus industriellen Kühlsystemen im Vorwort dieses Dokuments erläutert.

Die Kapitel 1, 2 und 3 sowie der Anhang V wurden teilweise oder vollständig überarbeitet. Zahlreiche Daten in den verschiedenen Tabellen wurden an neue Praxiserfahrungen angepasst. Eine neues Beispiel zur Verminderung des Energiebedarfs von Kühlwasserpumpen wird in Kapitel 3.2.3 gegeben.

Darüber hinaus wurden neue rechtliche Vorgaben eingearbeitet, wie z.B. die Wasserrahmenrichtlinie oder die Richtlinie 2008/1/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. In diesem Zusammenhang wurde der frühere Anhang VI „Beispiele über rechtliche Vorgaben in europäischen Mitgliedstaaten“ wegen der fortlaufenden Überarbeitung gestrichen.

Neue Berichte, wie z.B. „LEGIONELLA and the prevention of legionellosis“ der WHO von 2007 sowie der Bericht VDMA 24649 von 2005 wurden in Kapitel 3.7.3 „Mikrobiologischen Risiko“ eingearbeitet.

Desweiteren wurden zahlreiche Textpassagen, deren Informationen für den Anwender nicht notwendig sind, in den verschiedenen Kapiteln gestrichen, um das BREF zu kürzen. Für ein besseres Verständnis wurden zahlreiche Textstellen überarbeitet. Hierzu zählt z.B. der Einfluss des Kühlsystems auf thermodynamische Kreisprozesse, wie Kraftwerke (Kapitel 1.2.1), oder die Bildung von Kalziumkarbonat (Kapitel 1.4.5.1).

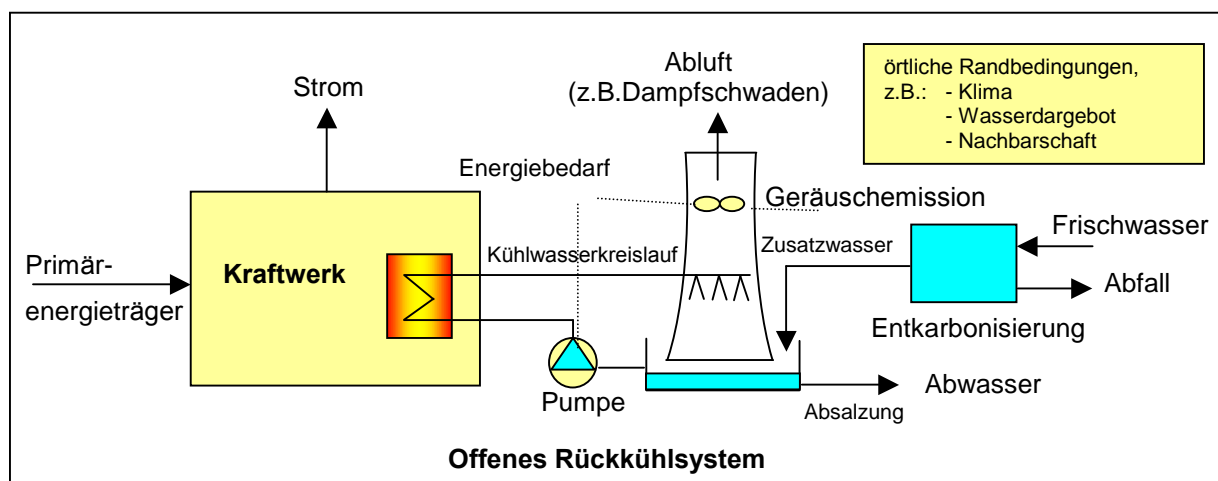
In den folgenden Kapitel werden nur ausgewählte Beispiele der Überarbeitung des BREFs vorgestellt.

## 1 Weitergehende Erläuterungen zur integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung

Die IVU-Richtlinie von 1996 sowie die Nachfolgerichtlinie vom 15. Januar 2008 [Directive 2008/1/EC] fordert ein hohes Schutzniveau für die Umwelt als Ganzes. Diese Forderung beinhaltet die folgenden zwei Aspekte:

- Vermeidung von Schadstoffverlagerungen in andere Umweltmedien
- Erreichung des technischen Optimums zur Verminderung von Emissionen, Abfall und des Energieverbrauchs durch eine integrierte Betrachtung.

Letzteres bedeutet, dass anstatt der getrennten Betrachtung des Betriebsmittelverbrauchs und der Emissionen des Kühlsystems, die Betriebsmittelverbräuche, die Emissionen sowie der Abfallanfall des gesamten Systems einschließlich des Kühlsystems betrachtet werden müssen (**Abbildung 1**).



**Abbildung 1:** Zu betrachtendes Gesamtsystem

Ergänzt werden die Erläuterungen im Vorwort durch das überarbeitete Beispiel eines Kraftwerks in Kapitel 1.2.1. Der Zusammenhang zwischen Kühltemperatur und theoretischen Wirkungsgrad eines Kraftwerks kann anschaulich mit Hilfe des Carnot'schen Wirkungsgrades erläutert werden. Danach gilt für den idealisierten Kreislauf folgende Wirkungsgraddefinition:

$$\eta_c = \frac{T_h - T_n}{T_h} = 1 - \frac{T_n}{T_h}$$

$\eta_c$  = Wirkungsgrad des Carnot-process

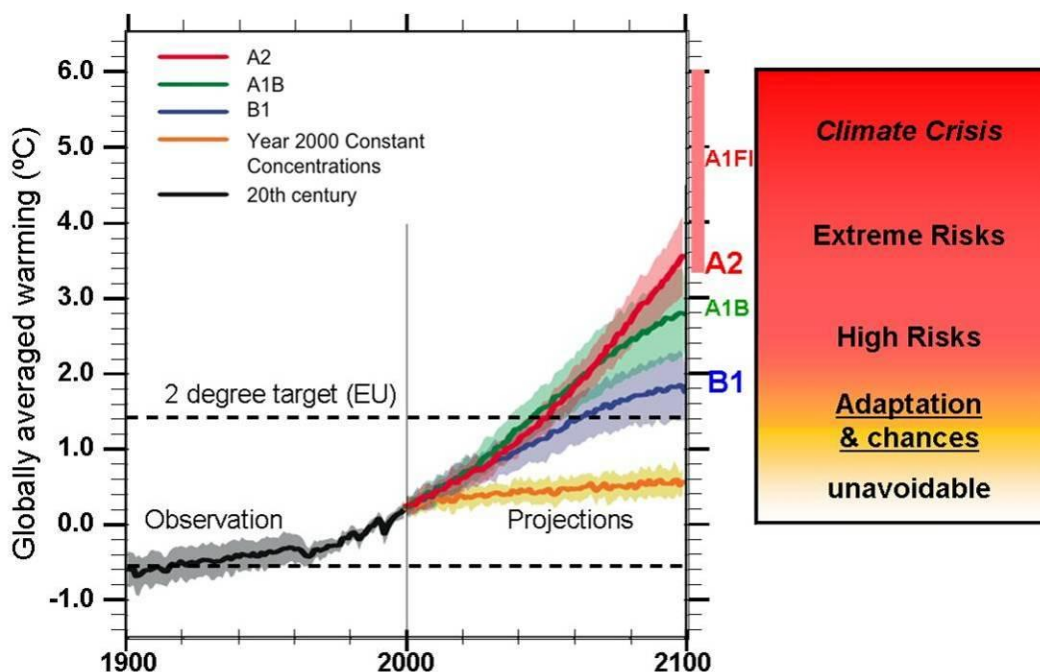
$T_n$  = niedrigste Temperatur im Kreislauf (Kühltemperatur)

$T_h$  = höchste Temperatur im Kreislauf

Der Wirkungsgrad eines Kraftwerks ist höher mit steigender Temperaturdifferenz zwischen  $T_n$  und  $T_h$ . Anders ausgedrückt: Je niedriger  $T_n$  ist desto besser arbeitet das Kraftwerk. Dies bedeutet, dass die Kühltemperatur einen unmittelbaren Einfluss auf den Wirkungsgrad des Kraftwerkes hat. Ein schlechterer Wirkungsgrad muss mit einem Mehrverbrauch für Primärenergieträger kompensiert werden, was gleichzeitig mit einem Anstieg an Abgasemissionen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , Staub) verbunden ist.

## 2 Klimawandel

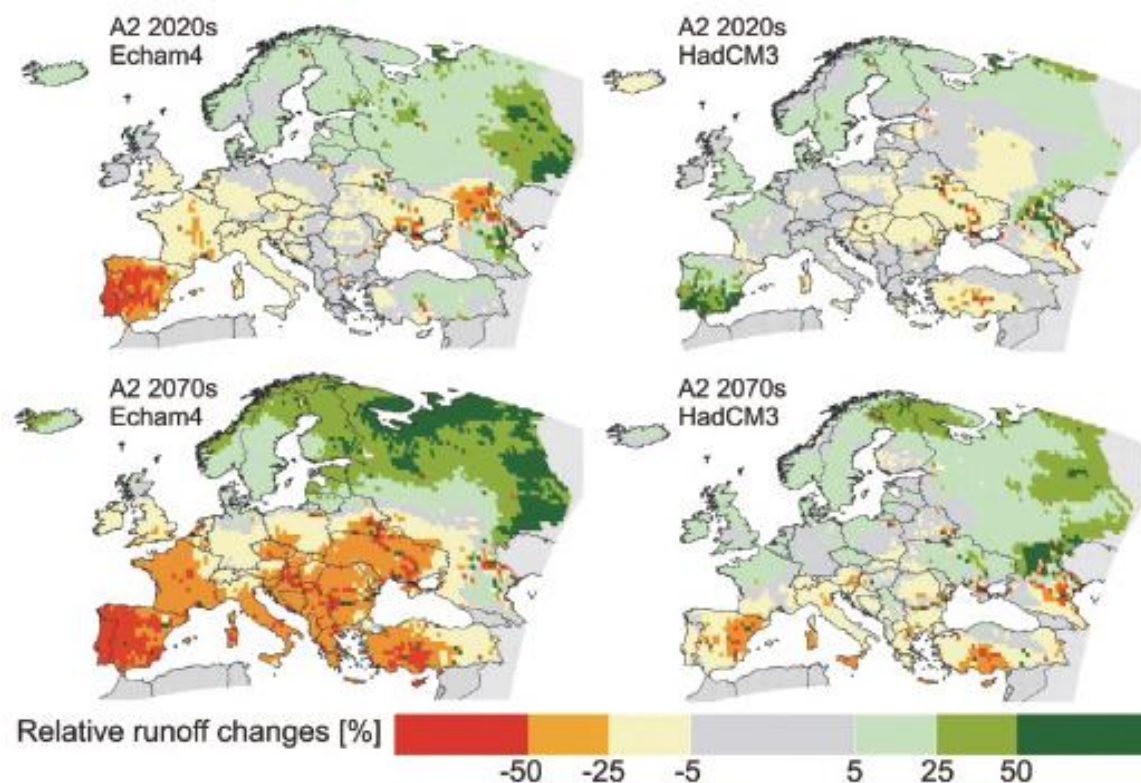
Der Klimawandel wird zukünftig einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Umweltbedingungen für die Auswahl von Kühlsystemen haben. Wegen der fortlaufenden weltweiten  $\text{CO}_2$ -Emissionen sagen alle Klimamodelle einen Anstieg der globalen Temperatur an der Erdoberfläche voraus. In Abhängigkeit von den verschiedenen Annahmen für die zukünftige Entwicklung der Zivilisation (Industrieentwicklung, Bevölkerungszunahme usw.) sind in **Abbildung 2** der beobachtete Temperaturverlauf seit 1900 und der zukünftige berechnete Temperaturanstieg bis 2100 dargestellt.



**Abbildung 2:** Globale Erwärmung der Erdoberfläche in °C bezogen auf die Zeitspanne 1980 – 1999 für verschiedene Szenarien der zukünftigen weltweiten sozialen Entwicklung [ Allison I. et. al., 2009]

Wegen dieser Entwicklung sind folgende für die Auswahl von Kühlsystemen relevanten Konsequenzen zu beachten:

1. Die Umwelttemperatur wird in den nächsten Dekaden des 21. Jahrhunderts ansteigen.
2. Für die südlichen und östlichen Regionen Europas werden sich die Trockenperioden verlängern. Damit vermindert sich der Abfluss der Gewässer in diesen Regionen. Diese Entwicklung hat einen großen Einfluss auf das Wasserdargebot sowie die Auswahl und Auslegung des Kühlsystems.
3. Die nördlichen Teile Europas müssen dagegen mit verstärkten Niederschlägen rechnen, was eine Erhöhung des Risikos für Hochwasser bedeutet. Insofern ist diese Entwicklung unter sicherheitstechnischen Aspekten nicht zu vernachlässigen.



**Abbildung 3:** Jährliche Abflussmengen von Flüssen zwischen 1961 – 1990 als Bezugsgröße im Vergleich mit zwei zukünftigen Szenarien in um 2020 und um 2070 für das A2 Szenarium [IPCC, 2007]

Die Veränderung im Verlauf eines Jahres werden im IPCC-Bericht „Climate Change 2007“ näher dargestellt. **Tabelle 1** fasst die wesentlichen Ergebnisse dieses Berichts zusammen.

**Tabelle 1:** Einfluss des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit, die Trockenperioden sowie das Hochwasserrisiko in Europa für verschiedene Zeitintervalle und Szenarien

| Dekade | Wasserverfügbarkeit und Trockenperioden  | Hochwasser   |
|--------|--|--|
| 2020   | Anstieg der jährlichen Abflussmenge in Nordeuropa bis zu 15 % und eine Verminderung in Südeuropa bis zu 23%. | Anstieg des winterlichen Hochwasserrisikos in Nordeuropa sowie des Risikos von Sturzfluten in ganz Europa. Das Hochwasserrisiko durch Schneeschmelze verschiebt sich vom Frühling zum Winter |
| 2050   | Verminderung der jährlichen Abflussmenge in Südosteuropa bis zu 20 – 30%.                                    |  |

|      |  |   |
|------|--|---|
| 2070 | <p>Anstieg der jährlichen Abflussmenge in Nordeuropa bis zu 30 % und eine Verminderung in Südeuropa bis zu 36%. Während der Sommermonate kann sich der Abfluss in Südeuropa um bis zu 80% vermindern.</p> <p>Das Risiko von Trockenperioden steigt vor allem in den südlichen und südöstlichen Ländern Europas. Trockenperioden, die gegenwärtig als Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren eingestuft werden, werden zukünftig ein Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren oder weniger darstellen. Dies betrifft vor allen die Länder Portugal, alle Mittelmeerländer, Ungarn, Rumänien, Moldawien, Ukraine und Südrussland.</p> | <p>Hochwasserereignisse die heute als Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren eingestuft werden, werden in den nörlichen und nordöstlichen Regionen Europas häufiger auftreten. Dies betrifft die Länder Schweden, Finnland und Nordrussland, Irland, Zentral- und Osteuropa (Polen und Alpenflüsse). Betroffen sind auch die atlantischen Regionen Europas (Spanien und Portugal). Weniger häufig sind die südlichen Regionen Europas betroffen.</p> |
|------|--|---|

### 3 REACH

Mit Kapitel 3.4.5.1 wurde das Thema REACH in das BREF aufgenommen. Hintergrund ist das Erfordernis von Zulassungen von Chemikalien zur Kühlwasserkonditionierung. Dies betrifft Korrosionsinhibitoren, Anti-Scaling Chemikalien sowie Biozide.

REACH steht für eine EG-Verordnung (Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien) und verpflichtet Hersteller oder Importeure zur Ermittlung der gefährlichen Eigenschaften (wie z.B. giftig, krebserregend, umweltgefährlich) von Stoffen (Chemikalien und Naturstoffe). Darüber hinaus ist eine Abschätzung der Wirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt vom Hersteller vorzulegen. REACH verbietet oder beschränkt bestimmte gefährliche Stoffe und verpflichtet Hersteller oder Importeure zur Information sowohl über gefährliche Eigenschaften als auch über sichere Verwendungen der Stoffe, wozu auch der Einsatz zur Kühlwasserbehandlung zählt.

Die Hersteller benötigen für jede Verwendung einer Chemikalien eine Zulassung. Dies gilt auch für den Einsatz im Bereich der Kühlwasserkonditionierung. Auch der Anwender einer Chemikalie muss ihren Einsatz beantragen und darf diese nur unter bestimmten Auflagen zur Überwachung einsetzen. Der Anwender darf die Chemikalie nur von zugelassenen Herstellern beziehen, die über ihre eigene Genehmigung verfügen.

Sollte eine Chemikalien für die Kühlwasserkonditionierung unter bestimmten Rahmenbedingungen eingesetzt werden, ist hierfür eine eigene Zulassung zu beantragen.

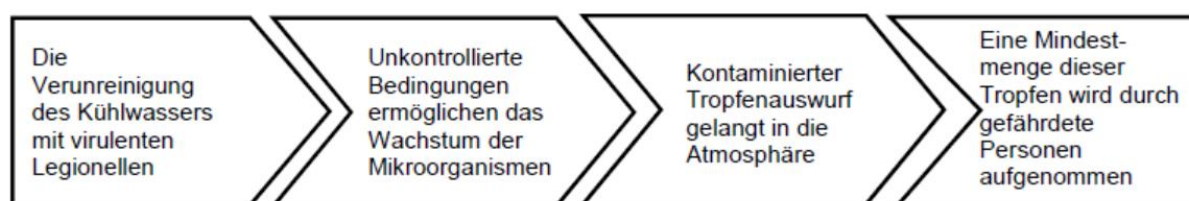
#### 4 Verminderung des Energiebedarfs der Kühlwasserpumpen

Das Kapitel 3.2.3 wurde aufgrund neuerer Erfahrungen zur Energieeinsparung bei Kühlwasserpumpen überarbeitet bzw. ergänzt. In einigen Fällen konnte der Energieverbrauch für die Kühlwasserpumpen durch die Durchführung folgender Maßnahmen erheblich vermindert werden [DENA, 2010]:

1. Einbau druckreduzierter Rückschlagklappen an den Pumpen
2. Implementierung einer Kaskadensteuerung auf Basis einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS)
3. Ermittlung weiterer Sparpotenziale durch Einsatz geregelter Pumpen und Optimierung der Steuerung (Frequenzumrichter)

#### 5 Infektionsrisiken durch Legionellen

Mit dem VDMA Einheitsblatt 24649 „Hinweise und Empfehlungen zum wirksamen und sicheren Betrieb von Verdunstungskühlanlagen“ aus dem Jahr 2005 sowie dem Bericht der WHO „LEGIONELLA and the prevention of legionellosis“ von 2007 wurden zwei wichtige Ausarbeitungen in die Neufassung des BREFs „Industrial Cooling Systems) eingepflegt. Auf dieser Grundlage wurde das Kapitel 3.7.3 „Microbiological risk“ neu gestaltet. Insbesondere wurde die Ereigniskette einer potenziellen Infektion aus dem Einheitsblatt VDMA 24649 übernommen, weil es die Voraussetzungen für eine Infektion sehr gut illustriert. Das Auftreten der Legionärskrankheit bedarf einer solchen Ereigniskette, deren Ereignisse alle zeitlich nacheinander erfolgen müssen.



**Abbildung 4:** Ereigniskette einer Infektion durch Legionellen

Die Unterbrechung dieser Ereigniskette vermindert das Infektionsrisiko signifikant. Hauptansatzpunkt bleibt die Kontrolle und Verminderung des mikrobiologischen Wachstums im Kühlsystem.

## **6 Überarbeitung der Kapitel 1, 2 und 3**

In den Kapitel 1, 2 und 3 wurden zahlreiche ältere Daten durch neuere Daten ersetzt. Diese wurden auszuschließlich von der EUOVENT-Gruppe erarbeitet und der UBA/VDMA-Arbeitsgruppe dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus lag die Federführung zur Überarbeitung des Kapitel 2 ebenfalls bei der EUROVENT-Gruppe. So wurden zahlreiche neue Abbildungen und Textpassagen an die neuen Entwicklungen angepasst. Dies gilt vor allem für die Hybrid-Kühlsysteme.

Als grundsätzlich problematisch wurde der bisherige Bezug von Mengenangaben auf das Durchlaufkühlsystem betrachtet. Dieses hat im Vergleich zu Rückkühlystemen eine Sonderstellung. Ein aussagekräftige Gegenüberstellung ist im Grunde nur mit vergleichbaren Systemen möglich. Deshalb war sich der Arbeitskreis darüber einig, dass als „Bezugssystem“ das offene nasse Rückkühlsystem zu wählen ist und nicht das Durchlaufsystem. Entsprechend wurden die Daten in den einzelnen Tabellen geändert.

Bei den verschiedenen Gegenüberstellungen wurden nur qualitative Angaben gemacht, die nur Hinweise über Vor- und Nachteile eines Kühlsystemes gegeben. Es bleibt bei dem Grundsatz, dass in jedem Einzelfall über das beste Kühlsystem entschieden werden muss.

## **7 Schlussbetrachtung**

Die UBA/VDMA-Arbeitsgruppe hat sich während einer Zeitspanne von ca. 1 ½ Jahren intensiv mit der Überarbeitung des BREFs „Industrial Cooling Systems“ beschäftigt und einen kompletten Bericht als Vorschlag vorgelegt. Es ist das Ergebnis sehr konstruktiver Diskussionen aller Mitglieder dieses Arbeitskreises. Nicht alle zwischenzeitlich erarbeiteten Novellierungsvorschläge für einzelne Textpassagen fand die Zustimmung des gesamten Arbeitskreises. Streng wurde darauf geachtet, dass eine strikte Neutralität gegenüber den verschiedenen Anbietern von Kühlsystemen oder Kühlwasserkonditionierungsmittel gewahrt wurde. Einen besonderen Dank gilt der EUROVENT-Gruppe, die parallel ihre Arbeiten durchführt und die Ergebnisse der UBA/VDMA-Arbeitsgruppe zur Verfügung gestellt hat. Ohne EUROVENT wäre eine umfassende Überarbeitung des BREFs kaum möglich gewesen.

Dies gilt auch für den VDMA. Erst mit der Unterstützung des VDMA konnte diese Arbeitsgruppe ins Leben gerufen werden. Auch die Organisation der Arbeitssitzungen sowie der reibungslose Informationsaustausch erfolgten durch den VDMA. Allen Mitgliedern des Arbeitskreises, dem Umweltbundesamt, der EUROVENT-



Gruppe sowie dem VDMA möchte ich auf diesem Wege meinen Dank für die Unterstützung und Zusammenarbeit aussprechen.

## 8 Literatur

- Köppke, K.-E., 2011: Aktualisierung der Daten des BVT-Merkblattes Cooling Systems unter zusätzlicher Berücksichtigung weiterer gebräuchlicher Kühltechniken. UBA-Forschungsbericht. UFOPLAN – Nr. 3709 44 305 5, 2011
- Directive 2008/1/RC DIRECTIVE 2008/1/EC of the EUROPEAN PARLIAMENT and of the COUNCIL of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control on IPPC
- Allison I. et. al., 2009 The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the world on the Latest Climate Science. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60pp.
- IPCC, 2007 Third Assessment Report Climate Change 2007. Working Group II: Impacts, Adaption and Vulnerability
- DENA, 2010 Deutsche Energie Agentur. BayerSchering Pharma AG, Werk Bergkamen: Optimierung von Kühlwasserpumpen.