

# Der Trick mit dem Wasser

## Wassergekühlte Ophir Sensoren richtig anwenden

### Durchfluss

Wassergekühlte Ophir Sensoren messen hohe Leistungen und sind dennoch sehr kompakt. Um die korrekte Funktion des Sensors zu gewährleisten, müssen sich Durchflussrate, Temperatur und Temperaturstabilität des Wassers innerhalb eines empfohlenen Bereichs bewegen. Wird die Durchflussrate exakt eingehalten, liefert der Sensor optimale Messergebnisse. Erreicht das Anwendungssystem die erforderliche Durchflussrate nicht, kann auch mit minimalen Durchflussraten gearbeitet werden und der Sensor erfüllt immer noch die Spezifikationen. Allerdings könnten sich Antwortzeit und Linearität verändern.

Sensor	Empfohlener Durchfluss bei voller Leistung <sup>1</sup> (Liter/min)	Minimaler Durchfluss bei voller Leistung <sup>1</sup> (Liter/min)	Absolut minimale Durchflussrate (Liter/min)	Druckabfall über den Sensor (bar, bei max. Durchflussrate)	Druckabfall über den Sensor (MPa)
L250W	3	3	3	0.3	0.03
L300W	3	3	3	0.3	0.03
1000W	10	3	3	0.3	0.03
L1500W	10	3.5	3.5	3	0.03
L2000W	10	4	2	0.6	0.06
5000W	10	10	4.5	0.6	0.06
6K-W-200x200	6	6	5	0.5	0.05
10K-W	10	10	2	2	0.2
15K-W	15	15	3	3	0.3
30K-W	25	25	6	2	0.2
120K-W	60	60	60	4	0.4

<sup>1</sup> Proportional niedrigere Durchflussrate bei geringerer Leistung vorbehaltlich des absoluten Minimums

Tabelle 1: Spezifikationen verschiedener Ophir Sensoren

### Welche Durchflussrate benötigen Sie, wenn der Sensor nicht bei voller Leistung betrieben wird?

Prinzipiell wäre die Durchflussrate dann proportional niedriger, z.B. bei halber Leistung eben nur die halbe Durchflussrate. Allerdings arbeitet der Sensor bei zu geringer Durchflussmenge nicht mehr korrekt, die angegebenen unteren Grenzwerte sollten also unbedingt eingehalten werden.

### Wie hoch sollte die Temperatur des einströmenden Wassers sein?

In der Regel geben wir einen Temperaturbereich von 15 bis 30 Grad Celsius vor. Niedriger sollte die Temperatur nicht sein, da es sonst, abhängig vom Taupunkt am Einsatzort, zu einer Kondensatbildung auf der Absorberfläche kommen könnte. Stellt das kein Problem dar, kann die Temperatur sogar niedriger sein als 15 Grad Celsius. Da die Sensoren kompakt sind und oft auch an unterschiedlichen Orten eingesetzt werden, sollte beachtet werden, dass es zu einem

Offset vom Nullpunkt kommen kann, sobald ein kalter Sensor in einen warmen Raum kommt. Unter Umständen zeigt er dann ein Messergebnis an, obwohl kein Laserstrahl anliegt. Dieser Offset kann über die Anwendungssoftware korrigiert werden.

### **Was ist mit der Temperaturstabilität des Wassers?**

Der Sensor misst den Wärmefluss über der thermophilen Scheibe im Inneren. Üblicherweise läuft der Wärmefluss vom Zentrum der Sensorfläche nach außen, zum gekühlten Gehäuse. Dabei stellt die Gehäusetemperatur sozusagen den Nullpunkt. Gemessen wird also ein Wärmegefälle. Wenn sich die Wassertemperatur abrupt ändert, beeinflusst dies den Wärmefluss und damit auch die Leistungsmessung. Aus diesem Grund sollte die Wassertemperatur maximal ein Grad Celsius variieren. Die Messergebnisse des Leistungssensors können auch von plötzlichen Schwankungen der Durchflussrate beeinflusst werden. Auch diese sollten vermieden werden (siehe unten).

### **Anforderungen an den Kühlkreislauf:**

Ophir liefert kein Zubehör für die Kühlung und den Wasserdurchfluss, aber das verwendete Kühlaggregat sollte in der Lage sein, die spezifizierte Wassertemperatur und Durchflussrate bei maximaler Hitzeentwicklung konstant zu halten. Planen Sie die Nutzung des Sensors bei 10 kW, sollte das Kühlaggregat die für diese Leistung geforderte Temperatur einhalten können. Darüber hinaus sollte es jede Schwankung in Temperatur und Durchflussrate vermeiden. Manchmal wird das Kühlwasser quasi „in Reihe geschaltet“ und fließt durch mehrere Systeme, darunter auch durch den Leistungsmesser. In diesem Fall sollte darauf geachtet werden, dass der Leistungssensor nicht im direkten Anschluss an ein Gerät verwendet wird, das das Kühlwasser zu sehr erhitzt und zu Schwankungen in Wassertemperatur und Durchflussrate führt. Sollte der Kühlkreislauf solche Schwankungen aufweisen, lassen sich diese reduzieren, indem ein Mischtank (ca. 30 Liter) zwischen Kühlaggregat und Sensor installiert wird. Damit kann die Temperatur nivelliert werden.

### **Muss die Wasserflussrate auch bei niedriger Laserleistung konstant sein?**

Der Wasserfluss sollte unbedingt einige Zeit vor der ersten Messung gestartet werden. Der Sensor benötigt einige Zeit, bis zu einer Minute, um sich zu stabilisieren. Auch bei niedrigen Leistungen muss der Sensor mit Wasser befüllt werden, um überhaupt eine Messung machen zu können. Nur so wird der Kontakt zwischen dem Kühlkörper und der Sensorscheibe hergestellt. Ist der Sensor mit Wasser gefüllt und der Zu- und Abfluss ist verschlossen, lässt sich der Sensor kurze Zeit ohne Durchfluss oder bei wesentlich geringerer Leistung betreiben. Bitte beachten Sie in einem solchen Fall, dass die Ansprechzeiten nicht optimal sein können.

### **Korrosion**

Korrosion ist die schrittweise Zerstörung des Materials (in der Regel Metalle) durch eine chemische Reaktion mit ihrer Umgebung. Metalle werden in eine stabile Form, wie ihrer Oxide, Hydroxide oder Sulfide gebracht (Quelle: Wikipedia).

Korrosion wird durch die Interaktion zwischen den metallischen Komponenten des Sensors und dem Kühlwasser verursacht, das eine Reihe an gelösten Ionen enthalten kann. Zahlreiche Faktoren beeinflussen das Korrosionsrisiko, entscheidend ist dabei der pH-Wert und die Zusammensetzung der Ionen im Wasser.

Die meisten Ophir Sensoren verfügen über ein Hart-eloxiertes Gehäuse und in seltenen Fällen – abhängig von der Zusammensetzung des Wassers, kann das Gehäuse korrodieren (siehe Abb.1). Auslöser ist in der Regel ein Riss in der Beschichtung des Sensors, so dass sich dort das blanke Aluminium zeigt. Risse können sehr lokal aufgrund eines höheren Säuregrads und permanenten Verunreinigungen entstehen, die die Korrosion stark beschleunigen.

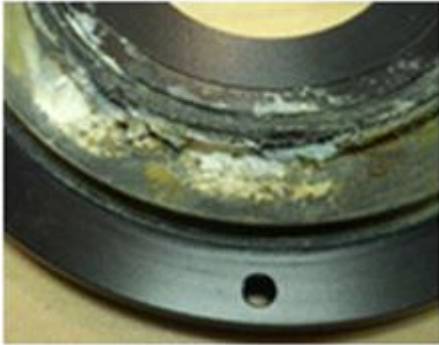


Abb. 1: Korrosion von anodisiertem Aluminium

### Wie beeinflusst der Wassertyp die Korrosion?

In der Regel gibt es keine Probleme mit Korrosion, wenn Leitungs- oder deionisiertes Wasser verwendet wird. Allerdings gibt es eine Reihe von Faktoren, die Rostfraß beschleunigen, darunter gelöster Sauerstoff, Chloridionen, eine Überzahl an kathodischen Metallionen in der Lösung und extreme pH-Werte (weniger als 4 oder mehr als 9).

### Welcher Wassertyp eignet sich ideal für Ophir Sensoren?

Wie oben schon ausgeführt, beschleunigen einige Wasserzusammensetzungen Korrosion. Wir empfehlen aus diesem Grund die Nutzung von deionisiertem Wasser in einem geschlossenen Kreislauf. Beachten Sie, dass deionisiertes Wasser aufgrund der Absorption von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre in der Regel leicht sauer (pH 5,65) ist. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, empfehlen wir pro Liter Wasser im Kühlkreislauf zur Neutralisation 5ml einer 10mM Lösung NaOH hinzuzugeben. Deionisiertes Wasser gilt manchmal auch als „hungrig“ nach Ionen und gerade deshalb als korrosionsfördernd. Bei geschlossenen Kreisläufen gilt das jedoch nicht, da sich das DI –Wasser relativ schnell sättigt.

### Kann Leitungswasser verwendet werden?

Leitungswasser ist in der Regel nutzbar, allerdings enthält es in manchen Fällen eine Reihe gelöster Ionen, die die Sensorleistung und seine Zuverlässigkeit beeinträchtigen können. Chloride, Sulfate und andere schwere Metallionen können Korrosion deutlich beschleunigen. Zweiwertige Metalle und Karbonate – ihre Konzentration legen die Wasserhärte fest – können den Wärmefluss zwischen Disk und Kühlwasser behindern. Da die Wasserqualität geografisch sehr stark variiert, lässt sich nicht vorhersagen, ob das lokal verfügbare Leitungswasser dem Sensor schaden könnte. In Hinblick auf diese Unsicherheit empfehlen wir das deionisierte Wasser. Die Bedingungen sind damit bei allen Anwendern gleich. Darüber hinaus kann Leitungswasser durch die Kombination aus Bakterien, Pilzen und Algen Fäulnisprozesse beschleunigen. Sie werden durch Bestandteile des Wassers genährt. DI Wasser beinhaltet weniger dieser Bestandteile als unbehandeltes Leitungswasser. Sollten biologische Fäulnisprozesse ein Problem darstellen, können Biozide hinzugegeben werden, um deren Wachstum einzuschränken. Bekannte antimikrobielle Substanzen sind zinnorganische Verbindungen, Bis(trichloromethyl)sulfone, Methylenebis(thiocyanate) (MBT), Beta-Bromo-Beta-Nitrostyrene (BNS), Dodecylguanidine Salze und Bromonitropropanediol (BNPD). Bei Bedarf sollte hier ein Wasserexperte konsultiert werden.

### Was ist mit der Anwendung von Propylen oder Ethylenglykol oder anderen Zusätzen?

Warum man Glykollzusätze verwenden sollte, ist unklar, da durch sie der Sensor weniger effizient gekühlt werden kann und daraus gleichzeitig ein höherer toxischer Grad resultiert. In der Regel werden solche Zusätze nur verwendet, um gefrieren oder kochen zu verhindern. Beides sollte bei korrekter Anwendung eines Ophir Sensors kein Problem darstellen. Verkäufliche Glykollmittel beinhalten korrosionshemmende Substanzen, diese können Wasser ohne die Verwendung von Ethylen- oder Propylenglykol hinzugefügt werden. Werden solche Mittel verwendet, sollte der pH der Mischung zwischen 8 und 9 gehalten werden. Für geschlossene Wasserkühlkreisläufe, die Kupfer und Aluminium enthalten wie bei Leistungsmessgeräten, kann auf Produkte wie Optishield Plus zurückgegriffen werden.

### Was passiert, wenn der Sensor nicht genutzt wird?

Um Korrosion zu verhindern, ist es wichtig, dass kein Wasser im Inneren des Sensors stehen bleibt, das verdunsten kann. Ansonsten könnten Verunreinigungen konzentriert zurückbleiben. Sobald der Sensor vom Kühlwasserkreislauf entkoppelt wird, sollte der Wasserkanal mit einem Kompressor ausgeblasen werden.

### Gibt es einen korrosionsfreien Ophir Sensor?

Für Kunden, die immer wieder Korrosionsprobleme haben, empfehlen wir den thermischen Sensor 1000WP-BB-34, der aufgrund eines speziellen Designs unempfindlich ist gegen Korrosion. Alle Materialien, die mit Kühlwasser in Kontakt kommen, sind entweder aus Kupfer oder nichtmetallisch. Der Sensor wird demzufolge nicht rosten, ganz gleich welche ungewünschten Bestandteile das Wasser enthält.



Abb.2: Der [Ophir Sensor 1000WP-BB-34](#) ist aufgrund seines speziellen Designs unempfindlich gegen Korrosion.