

Fließgeschwindigkeits- und Durchflussmessung mit dem OTT MF pro

Einführung

Messgeräte zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit sind seit mehr als 100 Jahren im Einsatz. OTT Hydromet, gegründet im Jahr 1873, entwickelte 1877 den ersten mechanischen Messflügel, der später zum Branchenstandard für Messungen in offenen Gerinnen wurde. Seitdem sind über 140 Jahre vergangen und das umfassende Knowhow von OTT Hydromet wird weiterhin in vielen Technologien zur Messung von Fließgeschwindigkeit und Durchfluss genutzt. Um Lösungen für die unterschiedlichsten Messbedingungen zu liefern, umfasst das Produktportfolio von OTT Hydromet heute natürlich weit mehr als die klassischen mechanischen Flügel (OTT C31 und C2). Der OTT MF pro, ein Fließgeschwindigkeitsmessgerät, welches bewährte Messtechnologie und fortschrittliches Systemdesign vereint, um die Erhebung, Aufzeichnung und Berechnung von Messwerten möglichst einfach zu machen, wird in den folgenden Ausführungen näher betrachtet.

Design und Funktionalität

Der OTT MF pro besteht aus einem batteriebetriebenen Bediengerät und einem Geschwindigkeitssensor (zusätzlicher Tiefensensor optional), welche über ein Kommunikationskabel verbunden sind. Sobald er in fließendes Wasser getaucht wird, misst der OTT MF pro Sensor magnetisch-induktiv die Geschwindigkeit. Das Bediengerät registriert die gemessenen Geschwindigkeiten, die Tiefe der Messlotrechten sowie die eingegebene Querschnittsgeometrie. Es berechnet daraus nach international anerkannten Standards (EN ISO 748 und USGS) automatisch den Teilabfluss pro Messlotrechte und am Ende der Messung den Gesamtabfluss. Das Gerät ist ideal für eine Vielzahl von Anwendungen wie Fließgeschwindigkeitsmessung in Flüssen, Kanälen und Messrinnen. Die Kombination aus Sensor und Bediengerät meistert mühelos Bedingungen, die anderen Geräten Probleme bereiten wie beispielsweise hohe Schwebstofffrachten, turbulente Fließzustände oder Verkrautung. Da der OTT MF pro ohne bewegte Teile auskommt, stellt er auch keine Anforderungen an die Mindestgeschwindigkeit.

Fließgeschwindigkeit messen

Messprinzip

Die Geschwindigkeitsmessung mit dem OTT MF pro basiert auf dem Faraday'schen Prinzip (elektromagnetische Induktion) welches besagt, dass ein elektrischer Leiter, der sich durch ein Magnetfeld bewegt eine Spannung erzeugt, die zur Geschwindigkeit des Leiters proportional ist. Der MF pro Sensor generiert mit Hilfe eines Elektromagneten ein vertikales Magnetfeld um den Mittelpunkt der Sonde. Dieses Magnetfeld ist in direkter, unmittelbarer Nähe des Sensorkörpers am stärksten und verringert sich mit zunehmendem Abstand nach außen um ca. $1/D^2$ wobei D für den Durchmesser des Sensors steht. Die im Wasser befindlichen Ladungsträger (Ionen) werden durch das erzeugte Magnetfeld abgelenkt. Hieraus resultiert eine elektrische Spannung, deren Höhe proportional zur Fließgeschwindigkeit und Strömungsrichtung des Wassers ist. Die in Bild 1 gezeigten, seitlich angebrachten Messelektroden erfassen diese Spannung. Der Messeffekt (Spannungsvektor) ist bei senkrechter Anströmung der Elektroden (Vektor des leitenden Mediums) und gleichzeitiger senkrechter Orientierung zum Magnetfeld maximal (Bild 2).

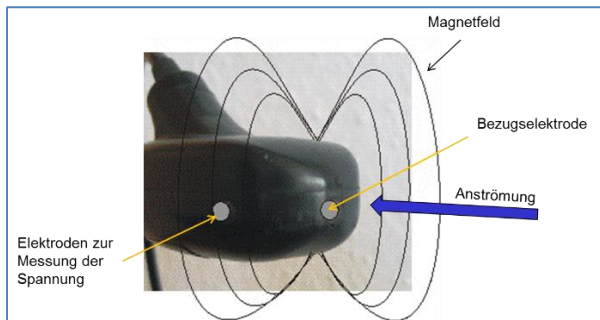


Bild 1. MF pro Sensor mit Magnetfeld und Position der Elektroden zur Spannungsmessung.

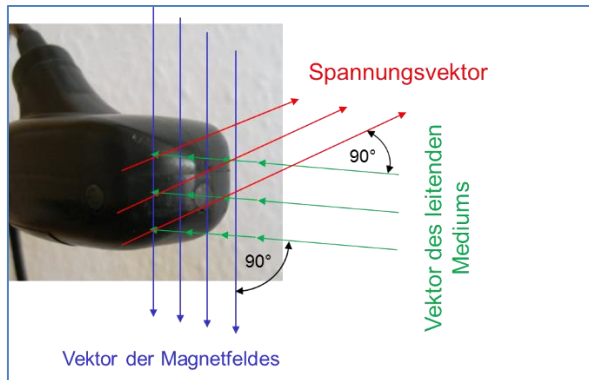


Bild 2. MF pro Sensor Koordinatensystem

Messen in der Nähe physischer Begrenzungen

Wasseroberfläche

Der OTT MF pro kann normalerweise direkt unter der Wasseroberfläche arbeiten. Um gute Messergebnisse zu erzielen, sollte der Sensor vollständig eingetaucht und allseitig von Wasser umströmt sein, d.h. die Wassertiefe muss mindestens 3,18 cm betragen. Geschwindigkeitsmessungen sind nicht möglich, wenn der Sensor nur teilweise benetzt ist (z.B. Sensor ist in unmittelbarer Nähe des Wasserspiegels positioniert, befindet sich aber infolge starken Wellenganges zeitweise an der Luft).

In der Nähe befinden sich Hindernisse

Wasser, welches in einer Entfernung von mehr als 4 cm am Sensor vorbeiströmt, hat kaum Einfluss auf die Messung. Als Faustregel gilt, halten Sie den Sensor stets im Abstand von vier bis acht Zentimetern von physischen Begrenzungen oder Hindernissen entfernt. Hindernisse oder Begrenzungen können die Fließrichtung oder den Anströmwinkel und damit die Geschwindigkeitsmessung beeinflussen. Dies geschieht, wenn das Magnetfeld nicht mehr lotrecht zur Fließrichtung liegt.

Im praktischen Feldbetrieb ist darauf zu achten, dass die Geschwindigkeitslinien parallel zur Hauptfließrichtung verlaufen und senkrecht auf den Sensor treffen (Bild 3).

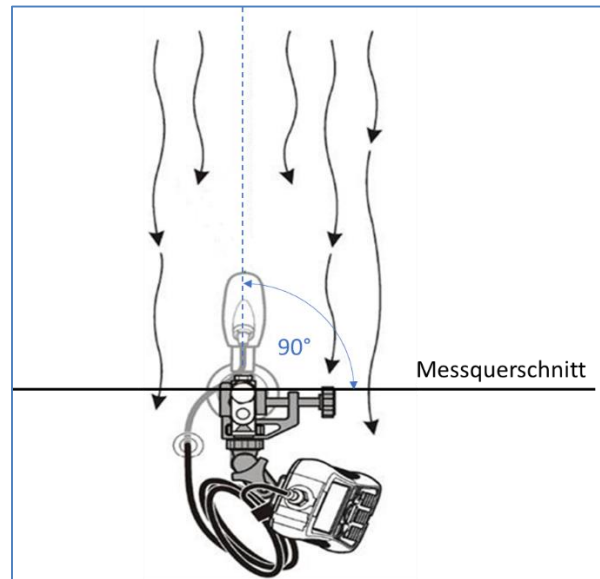


Bild 3. Rechtwinklig zur Hauptströmung ausgerichteter MF pro Sensor

Ist die Ausrichtung des Sensors z.B. infolge eines Bedienfehlers fehlerhaft (Bild 4), so hat dieses Auswirkungen auf die Messgenauigkeit.

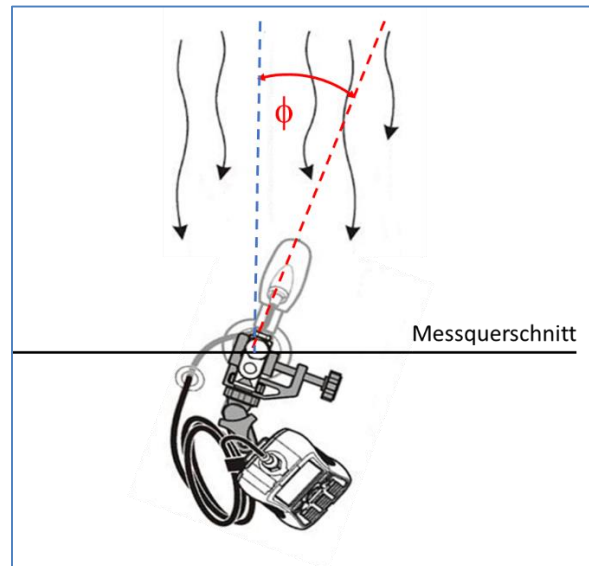


Bild 4. Fehlerhaft ausgerichteter MF pro Sensor

Bis zu einem Anströmwinkel ϕ von 10° reagiert der Sensor relativ unempfindlich (Messungenauigkeiten von ca. 1%). Darüber hinaus verringert sich die gemessene Geschwindigkeit mit dem Cosinus des Anströmwinkels. Dieses wurde im Rahmen einer Kontrollfahrt mit verschiedenen Anströmwinkeln im OTT Hydromet - Schleppkanal bei einer Geschwindigkeit von 0,61 m/s verifiziert (Bild 5).

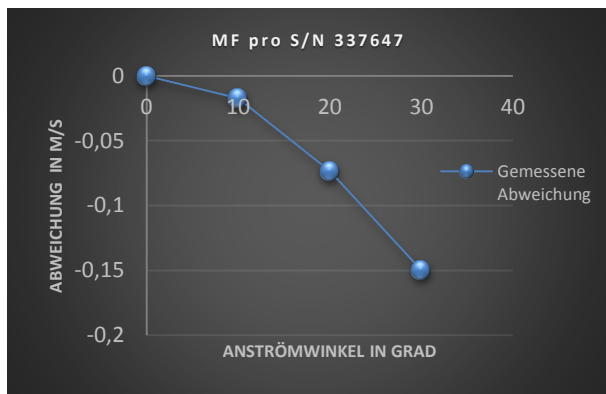


Bild 5. Anströmwinkelabhängiger Messfehler bei 0,61 m/s

Im Feld kann die gleichzeitig als Richtzeiger fungierende Klemmschraube des Überschubgestänges HERES als Orientierung für die Ausrichtung dienen, da ihre Richtung mit der des Sensors übereinstimmt (Bild 6).

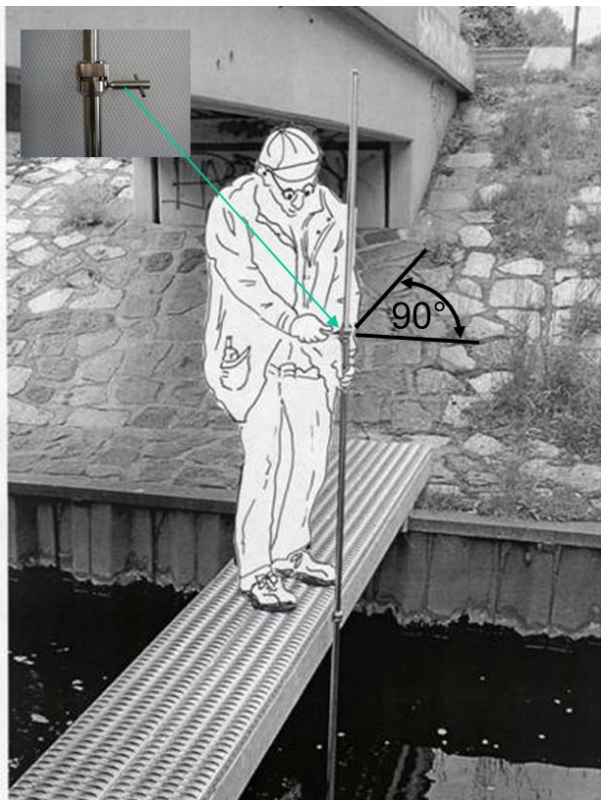


Bild 6. Benutzung der HERES – Klemmschraube als Orientierungshilfe

Im Gegenzug bedeutet die Komponentenwirkung des MF pro aber auch, dass bei im Gewässer vorhandenen Schrägströmungen (z.B. in der Nähe senkrechter Ufer) vom MF pro korrekterweise nur die abflusswirksame, senkrecht auf den Sensor treffende Komponente gemessen wird (Bild 7).

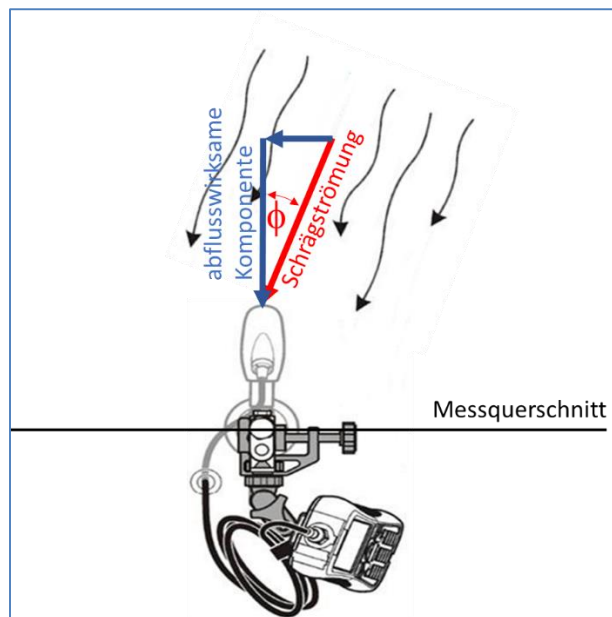


Bild 7. Komponentenwirkung des MF pro

Messen bei schwacher Strömung

Die Messunsicherheit bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten (z.B. 0,08 m/s) wird maßgeblich durch die Nullpunktstabilität bestimmt. Vor der Messung in langsam fließenden Gewässern empfiehlt es sich daher, im Feld eine Nullpunktkalibrierung durchzuführen. Hierdurch werden eventuelle Offsets identifiziert und beseitigt. Mit einer Nullpunktkalibrierung direkt an der Messstelle berücksichtigen Sie die Umstände, welche die Messung vor Ort beeinflussen könnten, wie z.B. das Vorhandensein von Eisen in nahegelegenen Bauwerken. Um den Nullpunkt des OTT MF pro zu verifizieren und zu kalibrieren geben Sie den Sensor in einen Eimer mit stehendem Wasser. Warten Sie, bis das Wasser ganz ruhig ist und der v-Wert sich stabilisiert hat. Nun können Sie die Null-Geschwindigkeit ablesen und falls nötig auf null kalibrieren (Menü SETUP, Auswahl „Geschwindigkeitskalib.“). Die durchgeführte Nullpunktkalibrierung erlischt, sobald das Gerät ausgeschaltet wird und muss gegebenenfalls an der nächsten Messstelle wiederholt werden.

Geschwindigkeitsmessung in Wasser mit geringer Leitfähigkeit

Der Sensor kann eine grobe Messung der Leitfähigkeit durchführen. Diese gibt keinen quantitativen Leitfähigkeitswert an sondern zeigt an, ob der Sensor sich vollständig im Wasser befindet. Sensoren mit integriertem Tiefensensor nutzen diese Information, um einen automatischen Luftdruckabgleich durchzuführen, sobald sich der Sensor außerhalb

des Wassers befindet.

Elektromagnetische Messgeräte können durchaus in Wasser mit sehr geringer Leitfähigkeit wie z. B. Quellen oder von Schmelzwasser gespeisten Flüssen eingesetzt werden. Liegt jedoch die Leitfähigkeit unter $200 \mu\text{S}/\text{cm}$, werden die Messwerte fehler-

behaftet. Bild 8 veranschaulicht den möglichen Genauigkeitsverlust in Relation zur Leitfähigkeit.

In Wasser mit sehr geringer Leitfähigkeit, kann die Nass/trocken Erkennung des OTT MF pro Sensors durch einen niedrigeren Schwellenwert (Standard 20%) von 5 oder 10% verbessert werden.

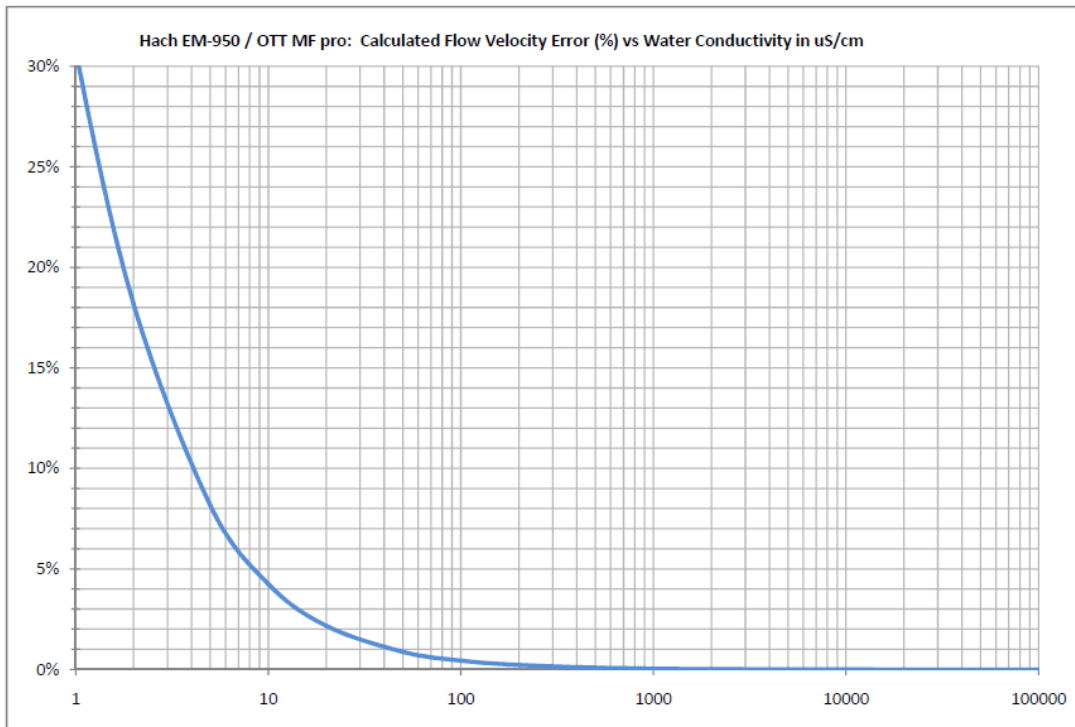


Bild 8. Berechnete Ungenauigkeit der V-Messung (%) in Relation zur Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Filter zum Messen der Geschwindigkeit

Es gibt zwei Optionen für den Hauptfilter der Geschwindigkeitsmessung, das **Fixed Period Averaging** (Mittelung über einen festgelegten Zeitraum) und die **RCA Zeitkonstante**. Standardmäßig ist FPA für 30 Sekunden eingestellt.

Fixed Period Average (FPA)

Fixed Period Averaging (FPA) mittelt die Messdaten über einen vom Anwender fest vorgegebenen Zeitraum. Der FPA Bereich liegt zwischen 1 und 480 Sekunden. Wählen Sie z.B. für den FPA Filter eine Messzeit von 30 s, zeigt das Gerät nach 30 Sekunden einen aktuellen Mittelwert an. Die auf dem Display des Bediengerätes ausgegebenen Werte wer-

den während der FPA Messung ca. alle 250 Millisekunden aktualisiert.

RCA Zeitkonstante (RC)

Der RC Filter ist hilfreich, wenn die Geschwindigkeitsmessungen innerhalb der Messzeit nicht stabil sind; d.h. sollten die Werte innerhalb der Messzeit stark schwanken, werden sie vom RC Filter für die Datenausgabe geglättet. Dieser Filter ist besonders hilfreich um Turbulenzen auszugleichen oder um festzustellen, wo die Strömung besonders stark bzw. schwach ist während man den Sensor senkrecht durch die Messlotrechte führt.

Der RC Filter basiert auf einem Algorithmus der eine vom Anwender definierte Zeitkonstante an-

wendet, um die ausgegebenen Geschwindigkeitsdaten zu glätten. Diese Zeitkonstante kann zwischen zwei und zwanzig Sekunden gewählt werden. Nach einem Zeitraum, der einer Zeitkonstante entspricht pendelt sich der Filter bei etwa 60% des Endwertes ein. Nach fünf Zeitkonstanten sind 99,9% des Endwertes erreicht. Wählt man z.B. eine RCA Zeitkonstante von sechs Sekunden, wird der Endwert nach 30 Sekunden angezeigt. Bild 9 veranschaulicht den Einfluss des RCA Zeitkonstanten Filters auf die Messwerte.

Wassertiefe messen

Die MF pro Benutzersoftware benötigt für eine ordnungsgemäße Funktion die Wassertiefe an den Messlotrechten. Wassertiefen können entweder vom Anwender an der skalierten Messstange abgelesen und manuell eingegeben oder automatisch ermittelt werden. Sensoren die mit der optionalen integrierten Tiefenmessung ausgerüstet sind, messen die Tiefe automatisch. Mit einer Absolutdruckmesszelle erfassen Sie die max. Tiefe an jeder Messlotrechten. Die Absolutdruckmesszelle wird an der Luft automatisch abgeglichen.

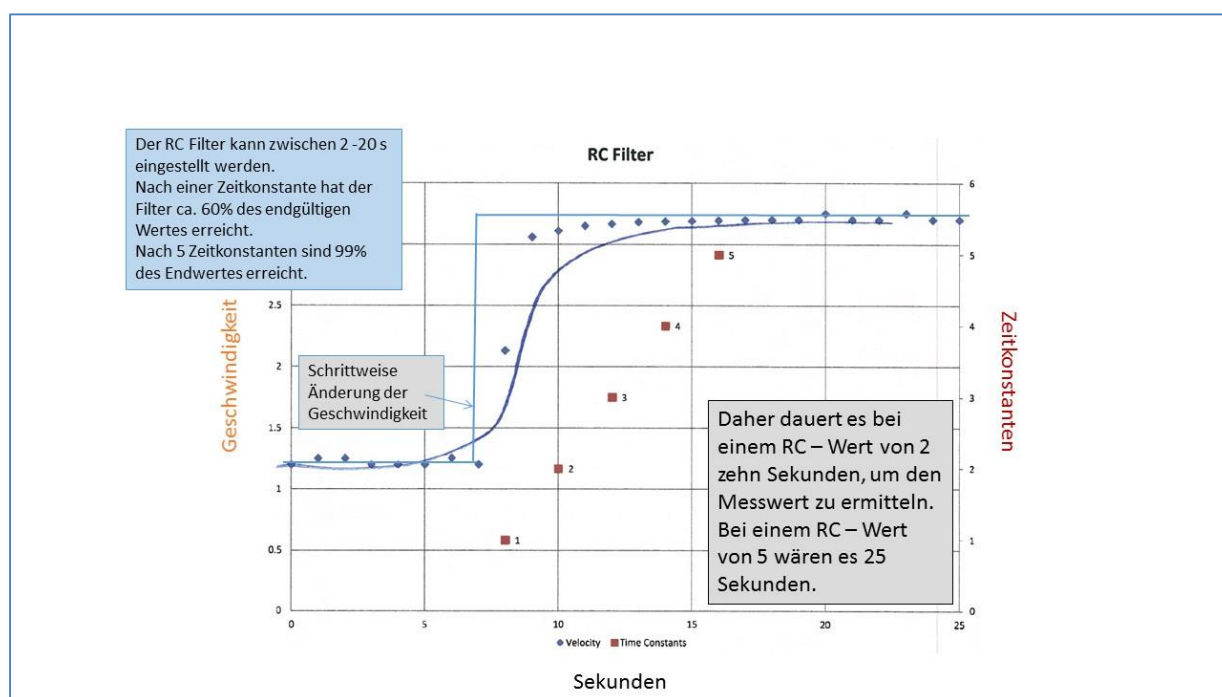


Bild 9. Funktionsweise des RC Filters

Wenn Sie mehr Informationen zur Abflussmessung und Anwendung des OTT MF pro benötigen, kontaktieren Sie bitte OTT Hydromet

OTT Hydromet GmbH
 Ludwigstrasse 16
 87437 Kempten · Germany
 Phone +49 831 5617-0 · Fax -209
info@ott.com · www.ott.com