

■■■■■■■ Durchflussmesstechnik.

KRAL



Verbrauchsmessung für Dieselmotoren.

Inhaltsübersicht.

Warum Kraftstoffverbrauchsmessung.	03
Viele Möglichkeiten, Kraftstoff zu sparen.	
Kraftstoff wird immer wertvoller.	04
Hochgenaue und fehlerkompensierte Messwerte.	
Hohe Systemmessgenauigkeit.	06
KRAL Durchflussmessgeräte sind die Basis für höchste Messgenauigkeit.	
Fehlerbereinigte Messwerte.	08
Temperatur- und Druckpulskompensation.	
Systemvarianten.	10
Einstrang-, Differenzmessung und Mehrmotorenanlagen.	
Optimierte, kostengünstige Systeme für Binnenschiffe.	12
Steigende Kraftstoffpreise zwingen zum Sparen.	
Fischerboote – Kraftstoff auch bei Vollgas sparen.	14
Steigerung des Gewinns trotz hoher Kraftstoffpreise.	
Yachten – effizienter und schonender Motorenbetrieb.	16
Den Motor stets unter Kontrolle. Ob bei langsamer oder voller Fahrt.	
Dieseltriebzüge und Diesellokomotiven.	18
Vielfältige Lösungen für Lokführer, Leitwarte und Systemtechniker.	
Motorenprüfstände – schnell zu zuverlässigen Messwerten.	20
Günstige Prüfstandsläufe mit KRAL Durchflussmessgeräten.	
Ölförderanlagen – Anlagendesign nach Kundenwunsch.	22
Korrekte Kraftstoffbilanz in Mehrmotorenanlagen.	
Hochseeschifffahrt – sicher und rentabel.	24
Lukrativer Betrieb trotz steigender Ölpreise und schärferen Abgasbestimmungen.	
Stromerzeugungsanlagen – hohe Energieausbeute.	26
Durch eigene Stromerzeugung die Betriebskosten selbst im Griff.	

Warum Kraftstoffverbrauchsmessung.

Viele Möglichkeiten, Kraftstoff zu sparen.



der Überwachung des optimalen Betriebs des Motors.

Dieser Anwendungsprospekt zeigt viele Möglichkeiten zum Einsatz der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung. Wenn Sie herausfordernde Ideen haben, Ihre Motorenanlage effizienter zu machen, lassen Sie uns daran teilhaben. Kundenspezifische Entwicklungen sind eine KRAL Stärke. Die Kooperation mit KRAL als Partner führt zu einzigartigen Lösungen.



Der Erfolg vieler Unternehmen hat einen steigenden Kraftstoffbedarf zur Folge. Der Kraftstoffverbrauch dominiert die Betriebskosten.

Beispielsweise wird bei einem Schiff eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs leicht durch eine Verringerung der Geschwindigkeit erreicht. Die Tabelle zeigt das Potenzial zur Kraftstoffeinsparung sehr deutlich.

Schiffseigner regeln die Motorlast, um die wirtschaftlichste Geschwindigkeit einzustellen.

Motorenhersteller verwenden die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung in Prüfständen für die Forschung und Entwicklung.

Motoren werden optimiert. Prüfstandläufe werden kürzer.

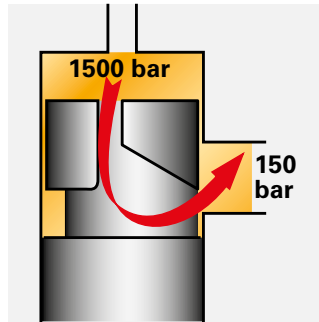
Eisenbahngesellschaften trainieren ihre Lokführer, kraftstoffsparend zu fahren und prüfen Lokverträge. Unabhängige Stromerzeuger ermitteln den zugesicherten spezifischen Kraftstoffverbrauch während der Garantiezeit. Danach weist ein zu hoher Kraftstoffverbrauch auf eine notwendige Wartung des Motors hin.

Neben der Messung des Kraftstoffverbrauchs liefert das KRAL System weitere Parameter wie Kraftstofftemperaturen sowie Vor- und Rücklaufmengen, aus denen die Zirkulationsrate errechnet werden kann. Dieses On-Board-Monitoring hilft bei

Verringerung Geschwindigkeit.	Kraftstoffeinsparung.
2 %	4 %
4 %	8 %
6 %	12 %
8 %	16 %
10 %	19 %

Kraftstoff wird immer wertvoller.

Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung berücksichtigt Einflüsse der Motorenanlage und liefert hochgenaue, fehlerkompensierte Messwerte.



Für die Verbrauchsmessung typische Betriebsparameter.

Motorenleistung:	300 kW, nach oben unbegrenzt.
Anzahl der Motoren:	1 bis 32.
Kraftstoffe:	Dieselloil (LFO), Marine-Diesel (MGO, MDO), Schweröl (HFO).
Temperatur:	bis 200 °C.
Druckpulsationen:	bis 20 bar.
Vibrationen:	kein Einfluss auf die Messung.

Temperaturunterschiede berücksichtigen.

Die Temperatur des Kraftstoffes in der Rücklaufleitung ist bis zu 30 °C höher als in der Vorlaufleitung. Selbst bei Schwerölanlagen, in denen der Kraftstoff im Boostermodul vorgeheizt wird, kommen Temperaturdifferenzen bis zu 20 °C vor.

Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung erfasst die Temperaturen der Vor- und Rückleitung und errechnet den Verbrauch auf einem frei wählbaren Temperaturniveau. International üblich sind 15 °C. Der Verbrauchswert kann dann für eine frei wählbare Temperatur angezeigt werden.

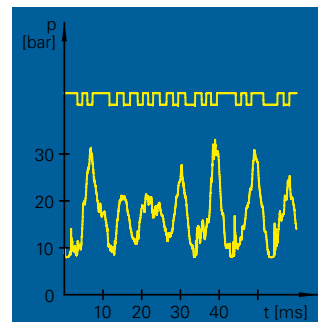
Auf diese Weise stellt die KRAL Temperaturkompensation hochgenaue Verbrauchsmesswerte sicher.

Kraftstoffpulsationen kompensieren.

Die Kolben der Einspritzpumpen verursachen Flüssigkeitspulsationen in den Niederdruck-Kraftstoffleitungen. Diese Pulsationen können Ursache sein für:

- Druckstöße auf die Anlagenkomponenten.
- Eine hochfrequent variierende Fließgeschwindigkeit des Kraftstoffes.
- Eine kurzzeitige Umkehr der Fließrichtung des Kraftstoffes.

Als Verdrängerzähler folgen die Messspindeln der KRAL Durchflussmessgeräte jeder Bewegung der Flüssigkeitssäule. Das Funktionsprinzip ist von der Durchflussrichtung unabhängig. Deshalb lassen sich Kraftstoffrückflüsse messen. Mit der KRAL Druckpulskompensation werden Rückflüsse bei der Messwertbildung erfasst und kompensiert. So sind korrekte Messwerte in der spezifizierten Durchflussrichtung gewährleistet.



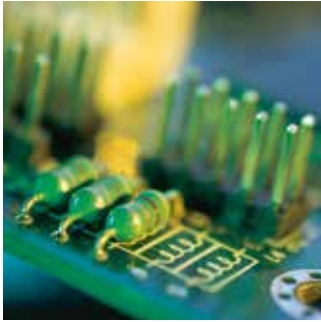
Das Diagramm zeigt oben den Verlauf des Ausgangssignals einer KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung. Jeder Puls repräsentiert hochgenau eine Kraftstoffmenge. Die verschiedenen Pulslängen zeigen Variationen der Fließgeschwindigkeit des Kraftstoffes. Die Fließgeschwindigkeit variiert mit den Druckpulsen, angeregt von den Einspritzpumpen. Das Diagramm zeigt deutlich, dass der Kraftstoff nicht gleichmäßig durch die Kraftstoffleitung fließt, sondern, dass dort sehr raue Bedingungen herrschen.

Kundenwünsche erfüllen.

Endanwender von Dieselmotoren verlangen immer öfter eine Kraftstoffverbrauchsmessung.

Überlässt der Motorenhersteller seinen Kunden die Verbrauchsmessung, kommt es immer wieder zu verschiedenen Ansichten über die Art der Messung und über die Interpretation der Messwerte.

Integriert der Motorenhersteller die Kraftstoffverbrauchsmessung, kann er sie optimal auf seine Motoren anpassen.



Motorenmanagement.

Betreiber von Großdieselmotoren wollen wissen, wie hoch der Kraftstoffverbrauch oder der spezifische Kraftstoffverbrauch (SFOC = Specific Fuel Oil Consumption) bei verschiedenen Motorleistungen ist. Beide Werte werden vom Motorenhersteller angegeben.

Abweichungen weisen auf eine ungünstige Motoreneinstellung hin. Ohne eine zuverlässige Messung ist die Einschätzung dieser Werte ein Ratespiel. Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung liefert den Verbrauch mit der KRAL Elektronik als Input für das Motorenmanagement.

Dual-Fuel-Anlagen.

Kraftwerksbetreiber kaufen die günstigste oder verfügbare Kraftstoffsorte. Moderne Dieselmotoren können deshalb mit verschiedenen Kraftstoffqualitäten betrieben werden.

Hochseeschiffe fahren mit Schweröl (HFO) und müssen in bestimmten Regionen auf Marine-Diesel (MGO oder MDO) umschalten.

Die Viskosität hat nur einen sehr geringen Einfluss auf das Messprinzip der KRAL Durchflussmessgeräte. Sie arbeiten bei den deutlich verschiedenen Betriebstemperaturen von MDO und HFO gleich zuverlässig. Die KRAL Elektronik berücksichtigt die unterschiedlichen Temperaturen, wenn eine Referenztemperatur gewünscht ist. Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung misst alle Flüssigkraftstoffe für Großdieselmotoren.

Messergebnisse für Forschung und Entwicklung.

Zwei Ziele bei der Motorenentwicklung sind die Reduktion der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs. Dazu werden Maßnahmen am Motor und dessen Komponenten ergriffen. So kann z. B. die Brennkammer oder der Turbolader optimiert werden.

Die Wirksamkeit der Verbesserung auf den Kraftstoffverbrauch lässt sich mit der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung hochgenau nachweisen.

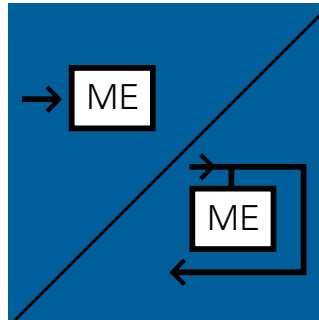
Mehrmotorenanlagen.

Soll der Kraftstoffverbrauch mehrerer Motoren gemessen werden, bietet KRAL optimale Lösungen.

Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung kann bis zu 32 Motoren messen. Die Messwerte können für eine kundenseitige Datenerfassung bereitgestellt und auf einem zentralen KRAL Display angezeigt werden.

Hohe Systemmessgenauigkeit.

KRAL Durchflussmessgeräte sind die Basis für höchste Systemgenauigkeit.



Präzise KRAL Durchflussmessgeräte.

Mit einer Messgenauigkeit von $\pm 0,1\%$, einer Reproduzierbarkeit von $0,01\%$ und einem Messbereich von bis zu 100:1 schätzen Eich- und Prüfanstalten KRAL Durchflussmessgeräte als die genauesten Verdrängerzähler für industrielle Anwendungen. Die Messung erfolgt unabhängig von der Durchflussrichtung. Diese einzigartigen Eigenschaften prädestinieren sie für die Kraftstoffverbrauchsmessung.

Manche Systemanbieter beschreiben nur ihre Elektronik und geben die Durchflussmessgeräte nicht bekannt. Wir bei KRAL sind überzeugt, dass präzise Messgeräte wichtig sind, weil sie den Input für die Elektronik liefern.

Einstrang- und Differenzmessung.

Die Messgenauigkeit der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung wird durch die Anzahl der KRAL Durchflussmessgeräte bestimmt. Ist pro Motor nur ein Gerät notwendig, kann die hohe Präzision der KRAL Durchflussmessgeräte voll genutzt werden. Sind zwei Geräte nötig, reduziert sich die Systemmessgenauigkeit gemäß der Fehlerfortpflanzung nach Gauß.

Ein KRAL Durchflussmessgerät reicht aus, wenn die Kraftstoffversorgung hinter dem Tank in eine Ringleitung verzweigt. Zwei Durchflussmessgeräte sind erforderlich, wenn die Rückleitung direkt in den Tank führt oder jeder Motor einer Mehrmotorenanlage gemessen wird.

Messfehler* bei der Differenzmessung.

Leerlauf		Volllast	
Einzel-messgerät	System	Einzel-messgerät	System
0,1 %	2,2 %	0,1 %	0,4 %
0,3 %	6,2 %	0,3 %	1,0 %
0,5 %	10,3 %	0,5 %	1,8 %
1,0 %	20,5 %	1,0 %	3,6 %
3,0 %	61,0 %	3,0 %	10,8 %

*KRAL (in Rot). Andere (in Schwarz).

Hohe Systemmessgenauigkeit.

Wird ein Messwert aus mehreren Einzelmesswerten errechnet, pflanzt sich der Fehler der Einzelmessungen gemäß dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz fort. Die Tabelle zeigt den Messfehler eines Systems in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Einzelmessgeräte. Die Tabellenwerte sind nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz für die beiden Motorenzustände „Leerlauf“ und „Volllast“ errechnet.

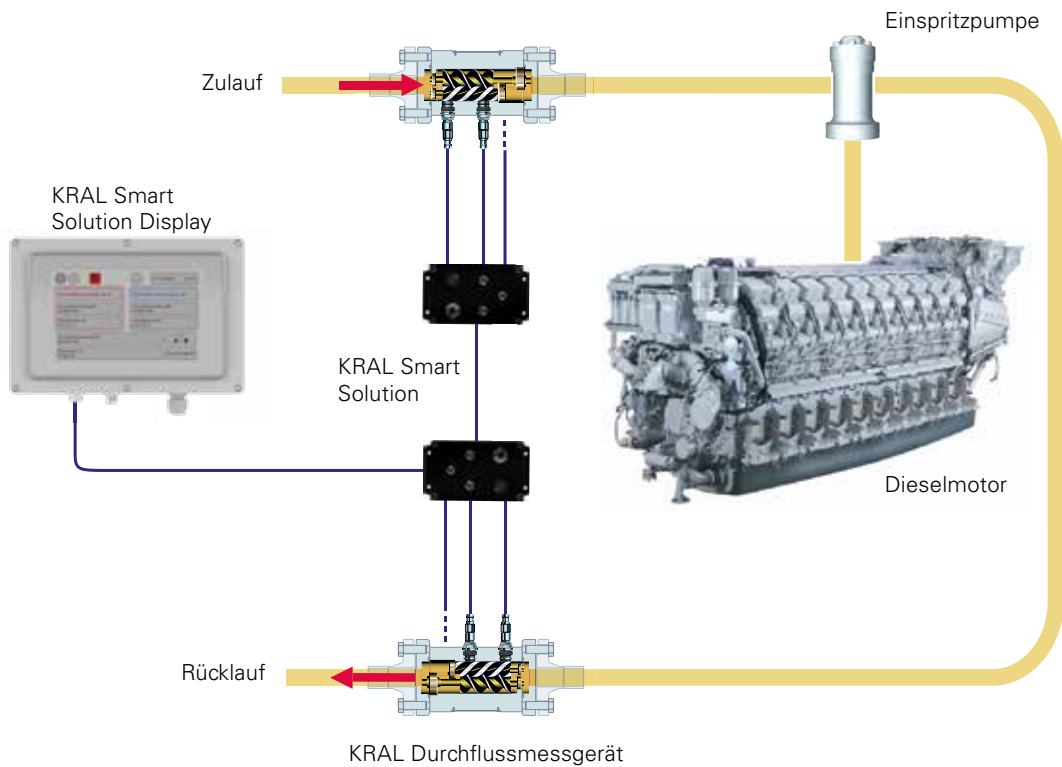
Die Rechenergebnisse zeigen, dass der Systemfehler auf Grund der Mathematik schon bei geringer Verschlechterung der Genauigkeit der Einzelmessgeräte stark steigt. Durchflussmessgeräte mit einer Messgenauigkeit

ab 0,5 % sind für Verbrauchsmessungen an Motoren, die auch im Leerlauf betrieben werden, ungeeignet. Ein Systemfehler von 10,3 % lohnt keine Geldausgabe.

KRAL Durchflussmessgeräte dagegen erreichen wegen der hohen Messgenauigkeit von 0,1 % sowohl im Leerlauf als auch bei Volllast beste Systemmessgenauigkeit.

Entscheiden Sie sich für KRAL. Nur hochpräzise KRAL Durchflussmessgeräte garantieren eine praxistaugliche Systemmessgenauigkeit!

Die Lösung am Beispiel des KRAL Durchflussmessgeräts mit dem KRAL Smart Solution Display.



Ein komplettes System aus einer Hand.

Der Vorteil des Schraubenspindelprinzips ist die Unempfindlichkeit bei Vibrationen. Es gibt keinen Genauigkeitsverlust.

Hochpräzise Durchflussmessgeräte.

KRAL Durchflussmessgeräte sorgen aufgrund ihrer hohen Messgenauigkeit von $\pm 0,1\%$ für eine hohe Systemmessgenauigkeit von bis zu $\pm 0,4\%$ bei Volllast. Die Systemgenauigkeit steigt mit der Zirkulationsrate.

Richtungsunabhängige Messung.

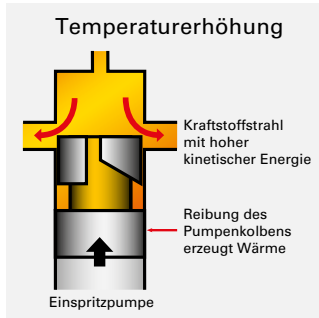
Zur Erkennung der Durchflussrichtung ist neben dem Durchflusssensor ein zusätzlicher Durchflussrichtungssensor erforderlich. Nur so ergibt sich ein korrekter Verbrauchswert.

Messung bei Druckpulsationen.

Die Einspritzpumpen verursachen Druckpulse in den Niederdruck-Kraftstoffleitungen. Kurzzeitige Änderungen der Fließrichtung des Kraftstoffes sind die Folge. KRAL Durchflussmessgeräte messen prinzipbedingt in beide Durchflussrichtungen. Rückflüsse werden korrekt erkannt und bei der Messwertbildung berücksichtigt. Das Ergebnis ist ein hochgenauer, fehlerbereinigter Messwert.

Fehlerbereinigte Messwerte.

Temperaturkompensation.



Dichtetabelle von Kraftstoffen (DIN 51757, Verfahren B).

T	$\rho_{LFO}(T)$	$\rho_{HFO}(T)$	rel. Fehler LFO	rel. Fehler HFO
[°C]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[%]	[%]
20	906,5	976,3	0,0	3,2
40	892,6	961,3	-1,5	1,6
60	878,6	946,2	-3,1	0,0
80	864,4	930,9	-4,6	-1,6
100	850,2	915,6	-6,2	-3,2
120	835,9	900,2	-7,8	-4,9

Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf.

Wird die Temperaturdifferenz zwischen der Kraftstoffvor- und Rückleitung nicht beachtet, ist der Messwert falsch.

Bei den meisten Dieselmotorenanlagen ist das Niederdruck-Kraftstoffsystem als Ringleitung ausgeführt. So wird sichergestellt, dass auch bei schnellen Lastwechseln der Motoren genügend Kraftstoff zur Verfügung steht. Zudem werden die Leitungen gespült, um zur Einspritzung Kraftstoff ohne Ausgasungen sicher zu stellen.

Die kinetische Energie des rückströmenden Kraftstoffes beim Absteuern der Einspritzpumpenkolben, die Reibung der Einspritzpumpenkolben und die Strahlungshitze des

Motors sind die Gründe für eine höhere Kraftstofftemperatur im Rücklauf. Temperaturdifferenzen bis zu 30 °C sind die Praxis. Der Kraftstoff dehnt sich mit zunehmender Temperatur aus. Das Volumen ändert sich.

Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung misst die Temperaturen im Vor- und Rücklauf. Die Temperaturkompensation stellt sicher, dass die Differenz zwischen Vor- und Rücklaufmenge bei exakt gleicher Temperatur berechnet wird. Nur so ist höchste Messgenauigkeit garantiert.

Erstaunlich große Auswirkung.

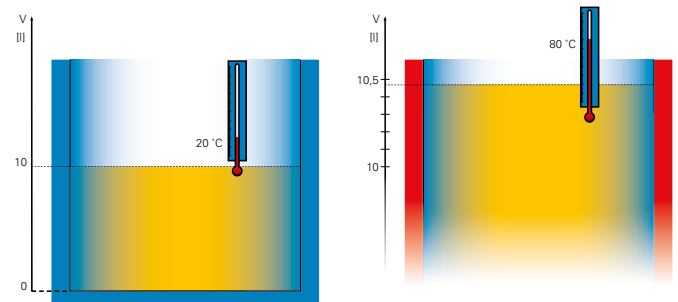
Der Einfluss der Temperaturdifferenzen auf die Messgenauigkeit des Gesamtsystems ist unerwartet groß.

Die Dichtetabelle zeigt, dass die Kraftstoffdichte pro 20 °C Temperaturerhöhung um ca. 1,5 % abnimmt. Bei einer LFO-Anlage mit 40 °C Temperaturunterschied sind das ca. -3,1 %. Die Gauß'sche Fehlerfortpflanzung ergibt für die Differenzmessung im

Gesamtsystem einen Fehler von 8,5 %. Bei HFO-Anlagen kommen trotz Kraftstoffvorheizung im Boostermodul 20 °C Temperaturdifferenz und ein Dichteunterschied von ca. -1,6 % vor. Das ergibt einen Systemfehler von 5 %.

Genauere Messungen erfordern hochpräzise KRAL Durchflussmessgeräte mit Temperaturkompensation.

Temperaturabhängige Volumenausdehnung.



Druckpulskompensation.

Variationen der Fließgeschwindigkeit.

Der Kraftstoff fließt nicht ruhig durch die Leitungen. Er pulsiert und kann sogar kurz seine Fließrichtung ändern. Wird dieser Effekt nicht berücksichtigt, ist der Verbrauchsmesswert falsch.

Die Einspritzpumpen sind die Ursache der Druckpulse. Der Pumpenkolben schließt bei seiner Aufwärtsbewegung das Volumen oberhalb des Pumpenkolbens. Der Kraftstoff wird im Druckraum bis zum Einspritzdruck von ca. 1.500 bar komprimiert. Das

Ende der Einspritzung ist erreicht, wenn die Steuerkante des Pumpenkolbens die Kraftstoffleitung wieder freigibt. Dann schießt ein Kraftstoffstrahl unter hohem Druck zurück in die Kraftstoffleitung. Eine Druckwelle in der Zu- und Rückleitung ist die Folge. Der Kraftstoff wird beschleunigt.

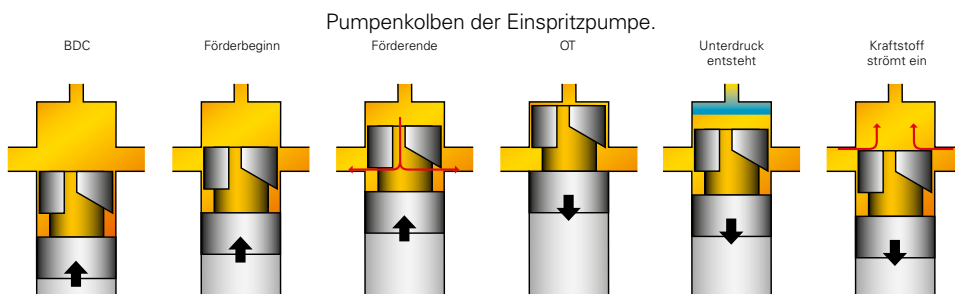
Die präzise gefertigten Messspindeln der KRAL Durchflussmessgeräte folgen schnell den Änderungen der Kraftstoff-Fließgeschwindigkeit.

Umkehr der Fließrichtung.

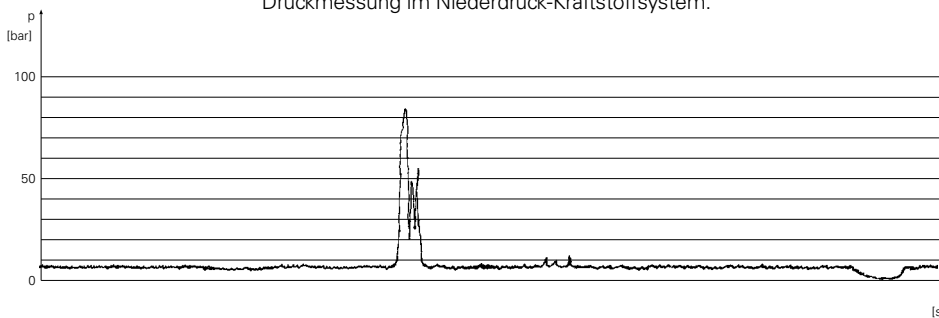
Bei seiner Abwärtsbewegung saugt der Pumpenkolben an der Flüssigkeitssäule. Dadurch entsteht ein Unterdruck.

Wenn der Pumpenkolben bei seiner Abwärtsbewegung die Kraftstoffleitung wieder freigibt, füllt sich der Druckraum aufgrund des Unterdrucks schnell mit Kraftstoff. Der einströmende Kraftstoff beschleunigt den Vorlauf und reduziert den Rücklauf. In der Rückleitung kann es zu einer Umkehr der Fließrichtung kommen.

KRAL Durchflussmessgeräte messen prinzipbedingt in beide Richtungen. Mit einem zweiten Sensor lässt sich die Drehrichtung der Spindeln und damit die Fließrichtung erkennen. Zur exakten Messung der geringen Rückflüsse sind hochgenaue Zähler erforderlich. KRAL Durchflussmessgeräte messen korrekt und präzise.



Druckmessung im Niederdruck-Kraftstoffsystem.



Systemvarianten.

Einstrang- und Differenzmessung.

Einstrangmessung.

Im einfachsten Fall kann vor dem Mischtank ein KRAL Durchflussmessgerät eingebaut werden. Zu beachten ist, dass die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung dann nur das Nachfüllen des Misch-tanks misst. Die Messung und Anzeige des Kraftstoffverbrauchs erfolgt nicht in Echtzeit. Über einen längeren Messzeitraum stimmt der Kraftstoffverbrauch jedoch hochgenau. Wenn aus dem Mischtank mehr als ein Motor mit Kraftstoff versorgt wird, ist die Kraftstoffverbrauchsmessung nicht mehr motorenbezogen. Es wird der Gesamtverbrauch aller Motoren gemeinsam gemessen.

Die Vorteile dieser Installationsart liegen im günstigen Systempreis und in den moderaten Betriebsbedingungen. Das System ist günstig, weil nur ein KRAL Durchflussmessgerät und eine Anzeige- und Auswerteelektronik gebraucht wird.

Die Systemmessgenauigkeit mit einem KRAL Durchflussmessgerät ist besser als bei der Differenzmessung.

Differenzmessung.

Bei den meisten Motoren führt der Rücklauf der Kraftstoff-Ringleitung in den Tank zurück. Die über den Kraftstoffverbrauch hinausgehende Fördermenge hängt vom Zirkulationsverhältnis ab. Das Zirkulationsverhältnis bestimmt die Zirkulationsmenge im Verhältnis zum Kraftstoffverbrauch. Bei Vollast des Motors ist 3,5 ein typischer Wert. Es zirkuliert also 3,5 mal so viel Kraftstoff wie der Motor verbraucht.

Für eine genaue Messung muss je ein Zähler in den Vor- und Rücklauf eingebaut werden. Pro Motor sind zwei KRAL Durchflussmessgeräte erforderlich. Die Differenz aus Vor- und Rücklaufmenge ergibt den Kraftstoffverbrauch. Die Differenz wird in den

KRAL Auswerteelektroniken errechnet. Druckpuls-kompensationen werden mit der KRAL Druckpulskompensation beherrscht. Die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf berücksichtigt die KRAL Temperaturkompensation. So sind hochpräzise, fehlerbereinigte Messwerte sichergestellt. Der Vorteil dieser Installationsart ist die korrekte, sehr schnelle Verbrauchsmessung. Der Messwert ist in Echtzeit sofort verfügbar.





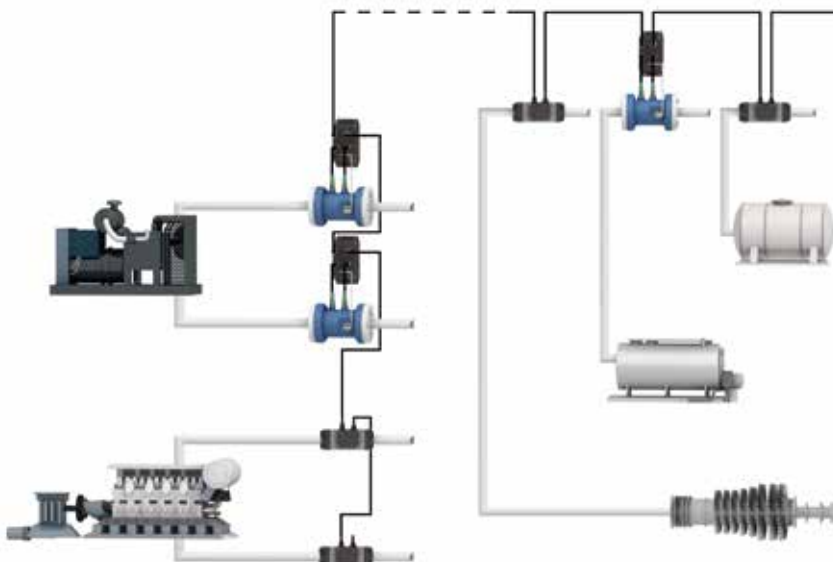
Foto: MAN AG.

Mehrmotorenanlagen.

Schiffe, Kraftwerke und Diesellokomotiven haben oft mehrere Motoren. Um den Gesamtkraftstoffverbrauch im Griff zu haben, verlangen Betreiber nach einer Kraftstoffverbrauchsmessung, die viele Motoren messen kann. Oft ist die Anzeige aller Verbrauchsmesswerte auf einem Display gefordert. Die Kraftstoffverbrauchsmessung eines Motors in einer Mehrmotorenanlage kann als Einstrang- oder Differenzmessung ausgeführt sein. Die Illustration zeigt als Beispiel eine Anlage mit 3 Motoren

und 3 Differenzmesssystemen.

Die KRAL Anzeigeelektronik Smart Solution Display zeigt die Verbrauchswerte für jeweils einen Motor. Die KRAL Smart Solution kann den Verbrauch von bis zu 32 Motoren anzeigen. KRAL Elektroneinheiten unterstützen verschiedene Bussysteme. So lässt sich auch eine komplexe KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung in die vorhandene Bord- oder Kontrollraumelektronik integrieren.



Optimierte, kostengünstige Systeme für Binnenschiffe.

Steigende Kraftstoffpreise zwingen zum Sparen.

Kraftstoffkosten reduzieren mit KRAL Technologien.

Während die Frachtraten über die Jahre fast unverändert sind, steigt der Kraftstoffpreis unaufhörlich. Damit sich das Geschäft auch weiterhin lohnt, müssen alle Möglichkeiten genutzt werden, Kraftstoff zu sparen.

Herstellerangaben überprüfen.

Binnenschiffer achten bei der Investition in ein Schiff auf den zugesicherten Kraftstoffverbrauch des Motors. Die Kraftstoffkosten übersteigen schnell den Preis des Motors.

Die Elektronik des Motors liefert einen Kraftstoffverbrauch, der aus der Zahl der Einspritzhübe und der Einspritzmenge bestimmt wird. Die Einspritzmenge variiert. Eine gemittelte Einspritzmenge kann nur einen Richtwert für den Kraftstoffverbrauch liefern. Wir bei KRAL haben Abweichungen zum tatsächlichen Verbrauch von bis zu 20 % gemessen. Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung misst den tatsächlichen Durchfluss direkt in der Kraftstoffleitung.



KRAL Durchflussmessgeräte sind auf 0,1 % genau. Die Tabelle Messfehler auf Seite 6 weist für diese Genauigkeitsklasse einen Fehler von nur 0,4 % bei Volllast aus. Mit genauen Messwerten können zugesicherte Herstellerangaben geprüft werden.

Warum so eilig?

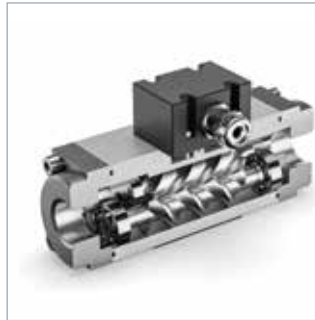
Eine Ankunft im Zielhafen vor dem vereinbarten Termin ist meist sinnlos, weil der Anlegeplatz noch besetzt ist. Mit Vollgas muss fast nie gefahren werden. Bei hoher Drehzahl ist der Verbrauch überproportional hoch. Die Tabelle Kraftstoffeinsparung auf Seite 3 zeigt, dass bereits eine geringe Geschwindigkeitsreduktion erhebliche Kraftstoffmengen spart.

Kapitäne äußern sich immer wieder erstaunt, dass die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung einen veränderten Verbrauch unmittelbar nach der Betätigung des Geschwindigkeitsreglers zeigt.

Günstige Position im Fluss.

Der Fahrtwiderstand hängt von vielen Faktoren ab. Zum Beispiel von der Gegenströmung und der Wassertiefe. Mit der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung kann die günstigste Position im Fluss mit niedrigstem Kraftstoffverbrauch gezielt gesucht werden.

Die Sparmöglichkeiten mit der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung sind zahlreich. Binnenschiffer berichten, dass sich das System in weniger als einem Jahr amortisiert. Das ist eine lohnende Investition.



Informationen auf der Brücke und im Maschinenraum.

Für eine kostengünstige Fahrweise reicht die Anzeige des Kraftstoffverbrauchs auf der Brücke. Bei Motoreninspektionen und bei der Fehlersuche nutzen die Bordtechniker den Kraftstoffverbrauchswert als Indikator für eine optimale Motoreinstellung. Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung liefert neben dem Verbrauchswert auch die Kraftstofftemperaturen. Deshalb erweist sich eine zusätzliche Anzeige im Maschinenraum immer wieder als nützlich.

Die KRAL Elektroneinheiten können sowohl auf der Brücke als auch im Maschinenraum installiert werden.

Optimierte Systemlösungen.

Im Unterschied zu Hochseeschiffen fahren Binnenschiffe mit MDO. Der Kraftstoff ist viel sauberer als Schweröl und muss nicht vorgeheizt werden.

Bei so guten Betriebsbedingungen eignen sich die kostenoptimierten KRAL Durchflussmessgeräte der Baureihe OME mit der Anzeigeelektronik Smart Solution Display hervorragend.

Das Smart Solution Display nutzt alle Vorteile der KRAL Durchflussmessgeräte und bietet alle Funktionen, die zur Differenzmessung nötig sind, Temperatur- und Druckpuls-kompensation inbegriffen.

Vorteile der KRAL Durchflussmessgeräte.

KRAL Durchflussmessgeräte erzeugen den Durchfluss-Messwert auf sehr einfache Weise. Das Funktionsprinzip der mechanischen KRAL Durchflussmessgeräte stellt sich bei den rauen Bedingungen im Kraftstoffsystem immer wieder als Vorteil heraus.

Tankmengen und Kraftstoffverbrauch werden in der Volumeneinheit „Liter“ angegeben. Messtechnisch wird immer angestrebt, ein Messgerät zu verwenden, das den Messwert unmittelbar ohne Umrechnung ermittelt. KRAL Durchflussmessgeräte sind rotierende Verdrängerzähler. Der Messwert wird ohne Umrechnung direkt gemessen.

Durchflussmessgerät OMP mit Smart Solution.

Das einfache und zuverlässige Messprinzip verlangt nach höchster Fertigungspräzision. Schlupf und Reibung sind bei Verdrängerzählern die Ursache für Messfehler. KRAL hat die Reduzierung dieser Fehlerquellen mit modernsten Herstellungsverfahren auf die Spitze getrieben. Nationale Eich- und Prüfanstalten sind der Meinung, dass KRAL Durchflussmessgeräte die genauesten Verdrängerzähler am Markt sind. Messtechnisch zeigt sich die Präzision durch die hohe Messgenauigkeit über einen weiten Messbereich bei geringstem Druckverlust.

Fischerboote – Kraftstoff auch bei Vollgas sparen. Steigerung des Gewinns trotz hoher Kraftstoffpreise.



Fischer im täglichen Überlebenskampf.

Die Rentabilität von Fischereibetrieben wird durch Quotenregelungen beim Fischfang und durch den Anstieg der Kraftstoffpreise gefährdet.

Viele Fischer haben das Potenzial zum Kraftstoffsparen durch eine schonende Fahrweise erkannt. Leider haben einige Fischereibetriebe bereits in einfache Systeme investiert. Diese aus dem Hobby-Bereich bekannten Systeme messen jedoch meistens nicht genau. Fehlt die Messgenauigkeit, kann der Verbrauch nur geschätzt werden. Eine unfachmännische Installation hat ebenfalls Auswirkungen auf die Messgenauigkeit und kann sogar zu Fehlfunktionen führen.

KRAL bietet industrielle Präzisions-Messtechnik und hilft bei Bedarf auch bei der Installation.



Kraftstoff einsparen bei der Fahrt zu den Fischgründen.

Ein Praxisbeispiel: Ein Schiff steuert mit 12 Meilen pro Stunde (22,2 km/h) und einem Treibstoffverbrauch von 330 l/h Fischgründe an. Mit dem KRAL System lässt sich der Kraftstoffverbrauch mit der Motordrehzahl vergleichen. So wird die optimale Geschwindigkeit ermittelt. Eine Drosselung von 0,5 Meilen pro Stunde reduziert den Treibstoffverbrauch um 30 l/h auf 300 l/h. Die Fahrt verlängert sich nur um 5 Minuten pro Stunde. Die Kraftstoffeinsparung beträgt aber 10 %. Das ist viel Geld.

Kraftstoffeinsparung beim Fischen.

Beim Fang jagt das Boot mit hoher Geschwindigkeit die Fischeschwärme. Bekannt ist, dass die hohen Motordrehzahlen den höchsten Verbrauch verursachen. Der Kapitän beobachtet die KRAL Kraftstoffanzeige und reduziert die Motordrehzahl bis die Geschwindigkeitsanzeige reagiert. Es zeigt sich dann bereits ein deutlich reduzierter Verbrauchswert. Das spart ca. 1,5 % Kraftstoff.

Um diese geringe, sich aber schnell summierende Reduktion zu sehen, braucht es Präzisionsgeräte wie die KRAL Durchflussmessgeräte.

Unerwartet schnelle Amortisation.

Die Entscheidung für Verbrauchsmesssysteme aus dem Boots-Hobbybereich wird aus Preisgründen getroffen. Die Investition war vergeblich und wird bereut, wenn die Messwerte unbrauchbar sind.

So rechnet ein Fischer, der sich für das KRAL System entschieden hat. Der wöchentliche Kraftstoffverbrauch liegt bei ungefähr 36.000 Liter Gasöl. 1,5 % weniger Kraftstoff bedeutet 540 Liter pro Woche. Die KRAL Verbrauchsmessung amortisiert sich schon in 1,5 Jahren.

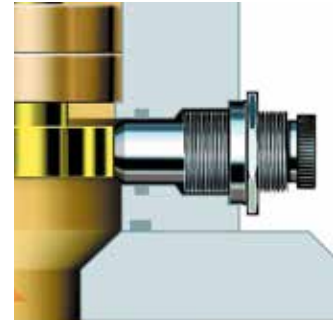
KRAL Systeme in verschiedenen Varianten.



Baureihe OME.



Baureihe OMP.



Anzeigeelektronik Smart Solution Display.

- Auswertung von 2 Sensor-signalen zur Erkennung der Durchflussrichtung möglich.
- Temperatur- und Druck-pulskompensation.
- Masseumrechnung.
- Einfache Installation mit nur einem Kabel.
- Nutzung der vollen Lei-stungsfähigkeit der KRAL Durchflussmessgeräte.
- Hochwertige Elektronikbau-teile und Auswerte-algorithmen.
- Übersichtliche, gut lesbare Anzeige.
- Bis zu 4 Sprachen zur Auswahl.
- Benutzerdefinierte Einstell-möglichkeiten.

Zwei Baureihen für verschiedene Anforderungen.

Um verschiedenen Umge-bungsbedingungen gerecht zu werden, hat KRAL die Baureihen OME und OMG entwickelt.

Für Fischerboote reicht meist die Baureihe OME. E steht für „Economy“. Der OME ist günstiger und hat ein Alu-miniumgehäuse. Die Baureihe OME ist bei der Temperatur auf 125 °C, beim Druck auf 40 bar und bei Maximaldurch-fluss auf 525 l/min begrenzt und deshalb für Motoren von Fischerbooten bestens geeignet. Die Genauigkeit ist kompromisslos hoch. Sie ist beim OME mit $\pm 0,1\%$ über den weiten Messbereich von 100:1 gleich wie beim OMG.

KRAL Durchflussmessgeräte der Baureihe OMP werden insbesondere dann gebraucht, wenn die Betriebsbedingun-gen sehr rau sind. Beispiele sind hohe Druckpulsationen in den Kraftstoffleitungen und Temperaturen von 200 °C. Für Schweröl empfiehlt KRAL den OMP mit Hybridlager.

Sensoren.

Das Durchflussmesssignal wird für jeden Zähler mit einem Durchflusssensor erfasst. Rückflüsse, angeregt durch Druckpulse der Ein-spritzpumpen, erkennt ein zweiter Sensor pro Durch-flussmessgerät.

KRAL Durchflussmessgeräte sind zur Aufnahme je eines Temperatursensors vor-bereitet. Die Kraftstofftem-peratur wird für die Temper-aturkompensation benötigt.

Yachten – effizienter und schonender Motorenbetrieb.

Den Motor stets unter Kontrolle. Ob bei langsamer oder voller Fahrt.

Weniger Last = weniger Verbrauch.

Yachten haben den Vorteil, dass sie ab einer gewissen Geschwindigkeit auf dem Wasser gleiten. Der Fahrtwiderstand wird dadurch geringer. Dieser kraftstoffsparende Effekt ist in der Grafik dargestellt.

Mit der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung lässt sich das Minimum der Verbrauchskurve leicht finden.

Wartungskosten reduzieren.

Der Kraftstoffverbrauch ist ein wichtiger Indikator des Zustandes des Motors. Mit der KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung gehört das Ratespiel bezüglich Motorleistung und Kraftstoffverbrauch der Vergangenheit an. Mit dem zuverlässigen KRAL Messsystem wird ein steigender Kraftstoffverbrauch erkannt.



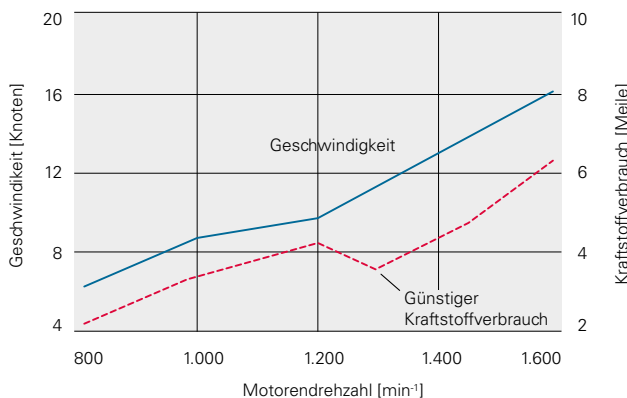
Integration in die Bordelektronik.

KRAL liefert Elektronikeinheiten, die eine Vielzahl von Standard-Kommunikationsschnittstellen unterstützen. Dazu gehören auch Bussysteme wie Modbus.

Insbesondere der Verbrauchswert, aber auch andere Messwerte wie die Temperaturen und Mengen des Kraftstoffes im Vor- und Rücklauf, können mit der vorhandenen Bordelektronik auf die Brücke übertragen werden.



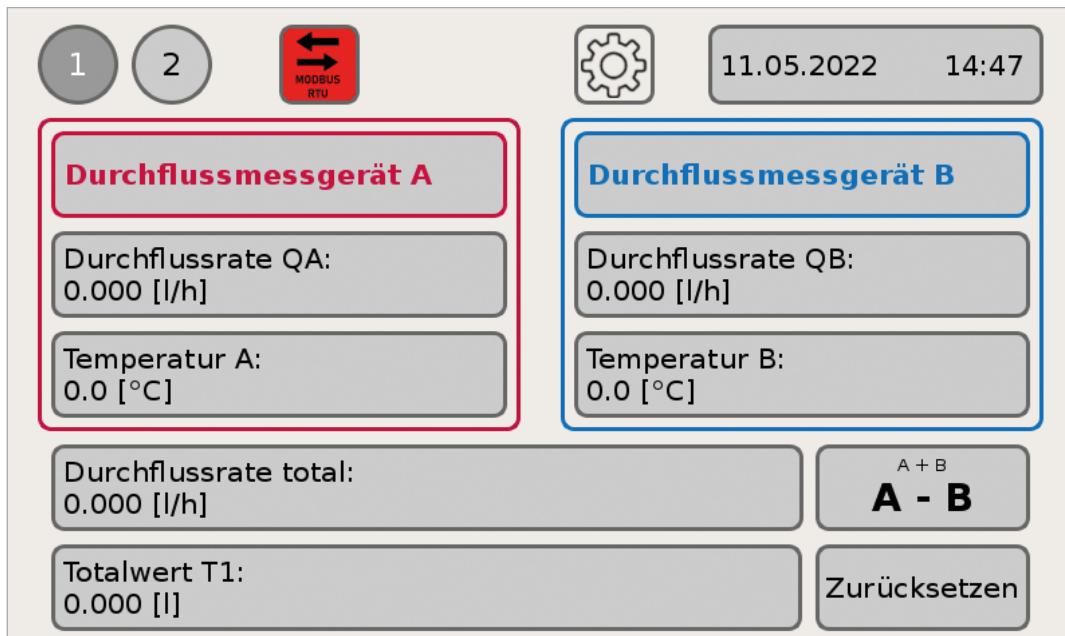
Im Motorraum einer Yacht installiertes KRAL Durchflussmessgerät.



Wenig Platz.

Der Platz zum Einbau zusätzlicher Komponenten ist im Maschinenraum einer Yacht sehr begrenzt. KRAL Durchflussmessgeräte sind sehr kompakt. Als Verdrängerzähler brauchen sie keine Beruhigungsstrecken nach Rohrbögen oder T-Stücken. Die kleine Geräteabmessung entspricht der nötigen, kurzen Messstrecke.

Ein flexibles System für das Motormanagement.



Sinnvolle Unterstützung durch präzise Informationen.

Alle KRAL Elektronikeinheiten sind speziell auf die Kraftstoffverbrauchsmessung abgestimmt. Sie liefern genau die Informationen, die der Betreiber zum sparsamen und schonenden Umgang mit der Motorenanlage braucht.

Das Display zeigt den Informationsgehalt am Beispiel der KRAL Anzeigeelektronik Smart Solution Display. Durchflussrate Q zeigt den Kraftstoffverbrauch mit der Einheit. Die Angabe „A-B“ weist auf eine Differenzmessung zwischen Vor- und Rücklauf hin. Die Einheit kann aus einer großen Vielfalt von SI -, UK - und US - Ein-

heiten ausgewählt werden. Naheliegender ist der Vergleich des Kraftstoffverbrauches mit Erwartungswerten aus den Herstellerangaben. Ist der Kraftstoffverbrauch höher als erwartet, deutet das auf eine falsche Motoreneinstellung hin. Dann ist eine Wartung ratsam.

Das Display gibt Informationen zu den Betriebsparametern in den Kraftstoffleitungen am Installationsort des Vorlaufzählers (Durchflussmessgerät A) und des Rücklaufzählers (Durchflussmessgerät B). QA ist die gemessene Vorlauf-Kraftstoffrate, QB die Rücklauf-

rate. QA zeigt, ob die Kraftstoff-Förderpumpe die spezifizierte Menge liefert. Die Temperaturen sind die des Kraftstoffes in der Vor- und Rücklaufleitung. Auch diese Werte gibt der Motorenhersteller bekannt.

Ein Kapitän hat KRAL einmal bestätigt: „Mit dem KRAL System ist es, als hätte man ein Mikroskop im Maschinenraum installiert. Die genauen Messungen geben uns Informationen über die Motoren, die ja das Herz des Schiffes sind.“

Hohe Betriebssicherheit.

KRAL Durchflussmessgeräte bieten als Verdrängerzähler höchste Messgenauigkeit bei rauen Betriebsbedingungen. Zur Vermeidung einer Blockade durch Verschmutzung der Kraftstoffleitung bietet KRAL optional einen externen Bypass.

Dieseltriebzüge und Diesellokomotiven – Betriebskosten reduzieren.

Vielfältige Lösungen für Lokführer, Leitwarte und Bahntechniker.



Energiesparende Fahrweise.

Bahngesellschaften haben einen extrem hohen Energiebedarf und suchen nach effizienten Möglichkeiten, Energiekosten zu senken.

Naheliegender ist ein Training der Lokführer in einer energiesparenden Fahrweise. Die hilfreichste Lösung ist ein Messinstrument, das dem Lokführer den Energieverbrauch anzeigt. Stromzähler sind in E-Loks eine einfache Sache. Bei einer Diesellok muss der Kraftstoffverbrauch gemessen und angezeigt werden. Die Messung des Kraftstoffverbrauchs ist wegen

des rauen Bahnbetriebes messtechnisch eine größere Herausforderung als die Strommessung in einer E-Lok.

Streckenprofile berechnen.

Soll einer Region eine Bahnbetriebsleistung angeboten werden, müssen die Aufwände für die Kalkulation genau bekannt sein.

Die Anbieter eignen sich immer mehr Wissen darüber an, wie viel der Betrieb auf den verschiedenen Strecken kostet. Dazu ermitteln die Eisenbahner den Kraftstoffverbrauch auf definierten Streckenabschnitten. Eine Bergstrecke ist teurer zu betreiben als die gleiche Distanz in der Ebene. KRAL kann die Kraftstoffverbrauchswerte über lange Zeiten aufzeichnen. Die Messwerte werden über geeignete Schnittstellen zur Elektronik des Betreibers übertragen.

Verschiedene Lastbereiche.

Gerade Dieselloks im Personenverkehr haben viele Haltepunkte. Die Lok wird zügig beschleunigt, fährt danach mit verminderter Last und rollt zum nächsten Bahnhof aus. Das Lastprofil des Motors zeigt selten Volllast. Teillastbereiche und Leerlauf dominieren.

In dieser Betriebsart ist höchste Messpräzision der Einzel-Durchflussmessgeräte wichtig, um eine gute Systemmessgenauigkeit zu erhalten. KRAL Präzisionsmessgeräte erfüllen diese Anforderung (Seite 6).

Kosteneffiziente, kompakte und hochgenaue Verbrauchsmessung.



Durchflussmessgerät OME. Anzeigegerät BEA 89.01.

Das Durchflussmessgerät OME Kompakt misst in beide Flussrichtungen, die Sensorik erfasst dabei Rückflüsse welche durch starke Pulsationen der Motoren verursacht werden. Der OME wurde als Kompakt-Version konstruiert um den Anforderungen an geringem Platzbedarf und harschen Umgebungsbedingungen, wie sie beispielsweise in Lokomotiven vorkommen, gerecht zu werden. Das Messgerät beinhaltet ebenso einen Temperatursensor PT-100 um das Volumen bei unterschiedlichen Temperaturen im Vor- und Rücklauf entsprechend zu kompensieren.

Die Smart Solution mit Display ist ausgelegt um den Treibstoffverbrauch eines Motors zu berechnen und anzuzeigen. Bei dieser Anwendung beinhaltet die Verbrauchsmessung je ein Durchflussmessgerät für Vor- und Rücklauf. Sämtliche Signale wie Durchflussrate, Durchflussrichtung und die Temperatur von beiden Messgeräten werden an das Smart Solution Display übertragen. Dadurch können etliche Daten wie Volumenkompensation anhand der Temperatur, Korrektur der Rückflüsse und der Verbrauch (Vorlauf minus Rücklauf) berechnet werden. Als Ausgangssignal steht eine Modbus-Schnittstelle (485) zur Verfügung.

Lösung zur Verbrauchsmessung.

Alle Sensoren, Signale, Berechnungen und die Anzeige sind im System optimal aufeinander abgestimmt und werden genau auf die Bedürfnisse der Anwendung ausgelegt.

Motorenprüfstände – schnell zu zuverlässigen Messwerten. Günstige Prüfstandsläufe mit KRAL Durchflussmessgeräten.

Prüfstandsläufe verkürzen.

Kraftstoffwaagen sind hochpräzise Messgeräte für Motorenprüfstände. Um höchste Messgenauigkeit zu erreichen, ist mit der Waage eine lange Messzeit nötig. Einige Messkonzepte verlangen sogar Mehrfachmessungen mit anschließender Mittelwertbildung. Lange Messzeiten und mehrere Messzyklen verbrauchen viel Kraftstoff. Prüfstandsläufe sind deshalb teuer. Das gilt besonders dann, wenn neue, extrem teure Kraftstoffsorten erforscht werden.

Für eine erste Abschätzung ist diese teure Präzision oft nicht nötig. Die Waage hat einen Messfehler von ca. 0,03 %. KRAL Durchflussmessgeräte kommen auf ca. 0,1 % und im System typisch unter 1 % (Seite 6), liefern aber sofort Messwerte. Die kurzen Messungen bei immer noch exzellenter Genauigkeit sparen sehr viel Geld.

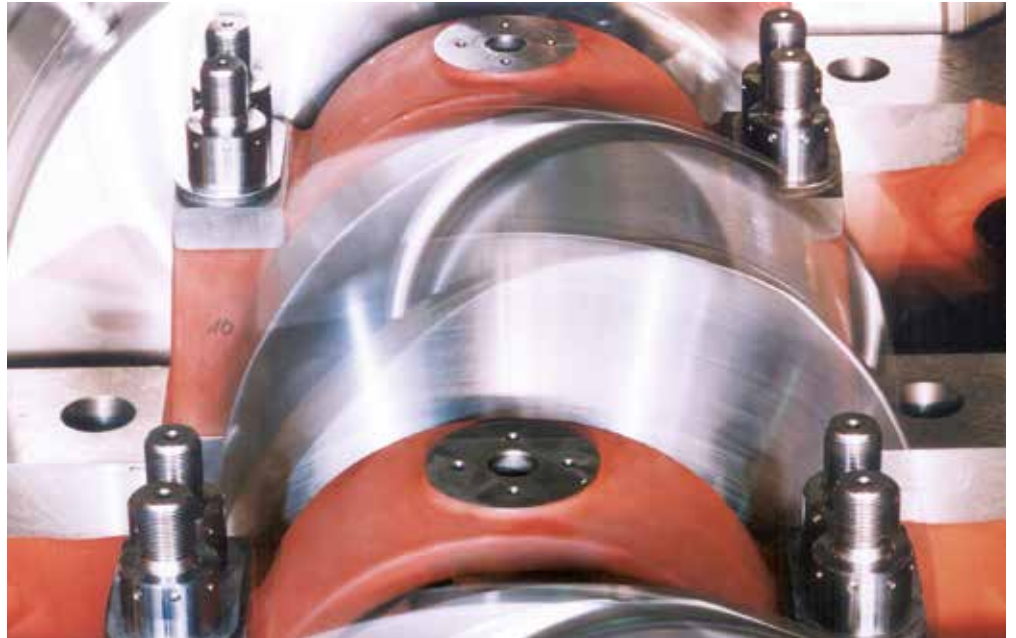


Foto: Caterpillar Motoren Rostock GmbH.

Niedrige Betriebskosten sind gute Verkaufsargumente für Motoren.

Die Messung des Kraftstoffverbrauchs ist eine wichtige Kenngröße, um Motoren effizient zu betreiben. Da in vielen Fällen bei Vertragsabschluss die Verbrauchsangabe Bestandteil der Verträge ist, kommt der Kraftstoffverbrauchsmessung eine wichtige Bedeutung zu.

Motorenhersteller verwenden KRAL Systeme im Testfeld der Motorenentwicklung und auf Abnahmeprüfständen. KRAL Durchflussmessgeräte erfüllen höchste Ansprüche an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messwerte während des Abnahmeläufes.

Per Mausklick zum Messprotokoll.

Per Mausklick wird die Prüfstandsmessung und der Protokollausdruck gestartet und gespeichert. Das Abnahmeprotokoll dient dem Motorenbetreiber und dem Hersteller zur Beurteilung von Gewährleistungsfragen.

Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung ist wichtig, um den notwendigen Vorsprung hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs und der Technik gegenüber der Konkurrenz zu dokumentieren. Sie bietet die Sicherheit, um spätere Gewährleistungsansprüche von vornherein zu minimieren oder auszuschließen.

In Sekunden erste Messwerte.

KRAL Durchflussmessgeräte sind Verdrängerzähler. Die beiden Messspindeln schließen mit dem Gehäuse ein exakt bekanntes Kraftstoffvolumen ein. Im KRAL Katalog findet sich zu jeder Baugröße das Volumen, das pro Umdrehung durch das KRAL Durchflussmessgerät fließt. Die Spindeldrehung wird über ein Polrad und über einen Sensor erfasst.

Im Prinzip braucht die Elektronik zur Messwertbildung nur 2 Pulse. Mit 2 Pulsen ist der Teil einer Gesamtspindeldrehung und damit der Volumenstrom bekannt. Das ist der Grund, warum dieses einfache Funktionsprinzip Messwerte in kürzester Zeit liefert.



Foto: Caterpillar Motoren Rostock GmbH.

Messprotokolle in gleichbleibender Qualität.

Bei der Serienprüfstandsabnahme ist es wichtig, dass die Kraftstoffverbrauchsmessung höchste Ansprüche an Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messwerte während des Prüfstandsabnahmelaufes sicherstellt.

Nationale Eich- und Prüfstalten bestätigen, dass KRAL Durchflussmessgeräte hochpräzise Verdrängerzähler sind. Die Reproduzierbarkeit eines Durchflussmessgeräts liegt bei ca. 0,01 %! Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit stellen Messprotokolle in gleichbleibender Qualität sicher.

Verbrauchsmessung für Motoren ab 300 kW.

KRAL Durchflussmessgeräte decken mit 6 Baugrößen einen großen Durchflussbereich von 0,1 bis 5.000 l/min ab.



Ölförderanlagen und Plattformen – Anlagendesign nach Kundenwunsch. Korrekte Kraftstoffbilanz in Mehrmotorenanlagen.

Mehr als nur eine Kraftstoffverbrauchsmessung.

Geräte zur Kraftstoffverbrauchsmessung reichen von Billigsystemen für Hobbyanwendungen bis zu professionellen Lösungen. Professionelle Systeme zeichnen sich durch robuste Komponenten, eine hohe Messgenauigkeit und durch Datenschnittstellen aus, die Industriestandards erfüllen. Nur wenige Hersteller bieten Systeme, die den Verbrauch mehrerer Motoren messen, anzeigen und die Messwerte weiterleiten können. Bei Mehrmotorenanlagen ist die KRAL GmbH führend.

KRAL Mehrmotorenanlagen messen bis zu 32 Motoren. Einzigartig ist die Integration der KRAL Durchflussmessgeräte für andere Messaufgaben als die Kraftstoffverbrauchsmessung. Ein typisches und sehr sinnvolles Beispiel ist die Integra-

tion eines Übernahmehählers. Der KRAL Übernahmehähler misst den getankten Kraftstoff. Die Kenntnis des übernommenen Kraftstoffes, der Verbräuche der Einzelmotoren und des Verbrauchs der gesamten Anlage erlauben eine Kraftstoffbilanz. Wichtige Fragen wie: wurde mehr getankt als verbraucht, laufen alle Motoren wirtschaftlich, entspricht der Kraftstoffverbrauch der gesamten Anlage der ursprünglichen Rentabilitätsrechnung, werden klar beantwortet.



Projektgeschäft.

Keine Mehrmotorenanlage ist wie die andere. KRAL Systemanalytiker besprechen mit den Kunden die gesamte Kraftstoffanlage. Nach der Analyse macht KRAL Vorschläge zum Anlagenlayout und zum Messkonzept.

Bei Bedarf hilft KRAL bei der Installation und Inbetriebnahme. KRAL schult auf Wunsch das Personal des Betreibers.

Einzigartig und flexibel.

KRAL Durchflussmessgeräte sind hochpräzise. Die KRAL Elektronikeinheiten sind speziell auf die Durchflussmessgeräte abgestimmt. Die einzigartige Technologie bildet zusammen mit kompetenten KRAL Messspezialisten die Basis für eine erfolgreiche Projektausführung.

Mit diesen Eigenschaften nimmt KRAL eine besondere Stellung am Markt ein.

Was ist die KRAL Smart Solution?

Die Smart Solution ist eine kompakte Auswerteelektronik, an die ein KRAL Durchflussmessgerät angeschlossen wird. Die Smart Solution verarbeitet die Signale, die das KRAL Durchflussmessgerät mit seinen integrierten Sensoren erzeugt, so dass Messwerte zur Verfügung stehen, die via Modbus weitergeleitet werden.

Bis zu 32 Smart Solution Elektronikeinheiten können in Reihe geschaltet werden und sparen so ein Vielfaches an Verkabelung und deren Installation im Vergleich zu konventioneller Messdatenerfassung.

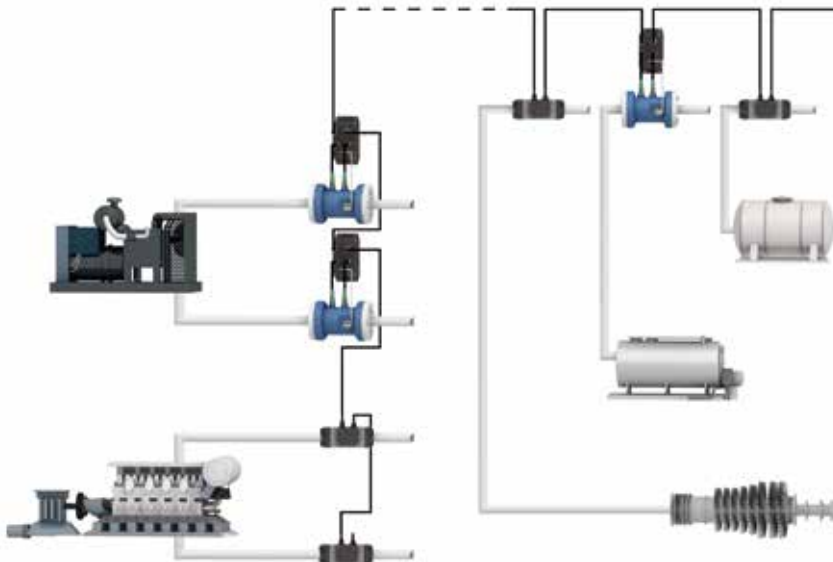
Eigenschaften der Smart Solution.

- Individuelle Kombination der Einstrang- und Differenzmessung.
- Berechnung der Volumenkompensation durch Temperaturmessung.
- Rückstöße und Rückflüsse im Durchfluss (bedingt durch Pulsationen verursacht durch Motoren) werden erkannt und korrigiert.
- Bis zu 32 Durchflussmessgeräte an einem Modbus Kabel.
- Daten und Informationen sind zur Verwendung von Leistungs- und Betriebsdatenanzeige aufbereitet.

Klarer Nutzen, der viel Geld spart.

Der Nutzen der KRAL Mehrmotorenanlage ist offensichtlich:

- Die Motoren werden kosteneffizient im optimalen Betriebspunkt mit niedrigstem spezifischen Kraftstoffverbrauch betrieben.
- Ein Mehrverbrauch, der höher als der spezifizierte Wert ist, gibt den Hinweis auf eine Motorenwartung.
- Kraftstoffdiebstahl wird durch den Vergleich zwischen Tankmenge und Verbrauch erkannt.



Hochseeschifffahrt – sicher und rentabel.

Lukrativer Betrieb trotz steigender Ölpreise und schärferen Abgasbestimmungen.

Geschwindigkeit und Verbrauch optimal aufeinander abstimmen.

Reeder, die eine Politik zur Reduktion der Geschwindigkeit ihrer Hochseeschiffe eingeführt haben, sparen etwa 10 % Kraftstoff. Die Größenordnungen sind beeindruckend und zeigen das immense Sparpotenzial.

Ein großer Reeder mit 80 Schiffen braucht im Jahr ca. 1,6 Millionen Tonnen Marine-Diesel. 6 % Einsparung ergibt 96.000 Tonnen. Bei einem Preis von 400 USD pro Tonne IFO 380 ergibt das ca. 40 Mio. USD. Die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung kann bei dieser Einsparung helfen. Die Systeme für alle 80 Schiffe haben sich innerhalb eines Monats amortisiert.



Emissionen reduzieren.

Für einen effizienten Motorenbetrieb mit geringen Emissionen sind elektronische Steuer- und Überwachungssysteme nötig.

Führende Motorenhersteller und Anbieter der Motorensteuerungen verwenden das KRAL Kraftstoffverbrauchssignal. Mit dem präzisen Messwert bestimmen sie den spezifischen Kraftstoffverbrauch (SFOC) und die Effizienz (Fuel Conversion Efficiency = FCE).

Messung verschiedener Kraftstoffe.

Hochseeschiffe werden in SECAs (SOx emission control areas) mit MDO gefahren. In diesen Schutzgebieten gelten strengere Grenzwerte für den Schwefelgehalt. Die Grenzwerte können im HFO Betrieb nicht erreicht werden. Deshalb wird in einem Blending Prozess über Stunden auf MDO umgeschaltet.

KRAL Durchflussmessgeräte messen unabhängig von der Viskosität des Kraftstoffes. Die KRAL Systeme sind deshalb für HFO, MDO und die kontinuierlichen Mischstufen geeignet.

Sicherer Betrieb mit Schweröl.

Immer wieder zeigen sich Werften und Reeder erstaunt, dass KRAL Kraftstoffmesssysteme für Schweröl anbieten. Die Meinung, dass präzise Messgeräte die hohen Temperaturen sowie die abrasiven Schwerölkomponenten nicht vertragen, ist noch weit verbreitet.

KRAL hat bei Schwerölpumpen und Durchflussmessgeräten viele Jahre Erfahrung. Die Technologien sind lange etabliert und bewährt.

Schweröltaugliche Präzisionsmessung.

Andere Anbieter von Systemen für die Kraftstoffverbrauchsmessung werben hauptsächlich mit schönen Elektronikdisplays. Die Durchflussmessgeräte, die den Kraftstoff messen, werden oft gar nicht erwähnt. Nicht das Elektronikdisplay, sondern das Durchflussmessgerät ist für die Brauchbarkeit der Messung entscheidend.

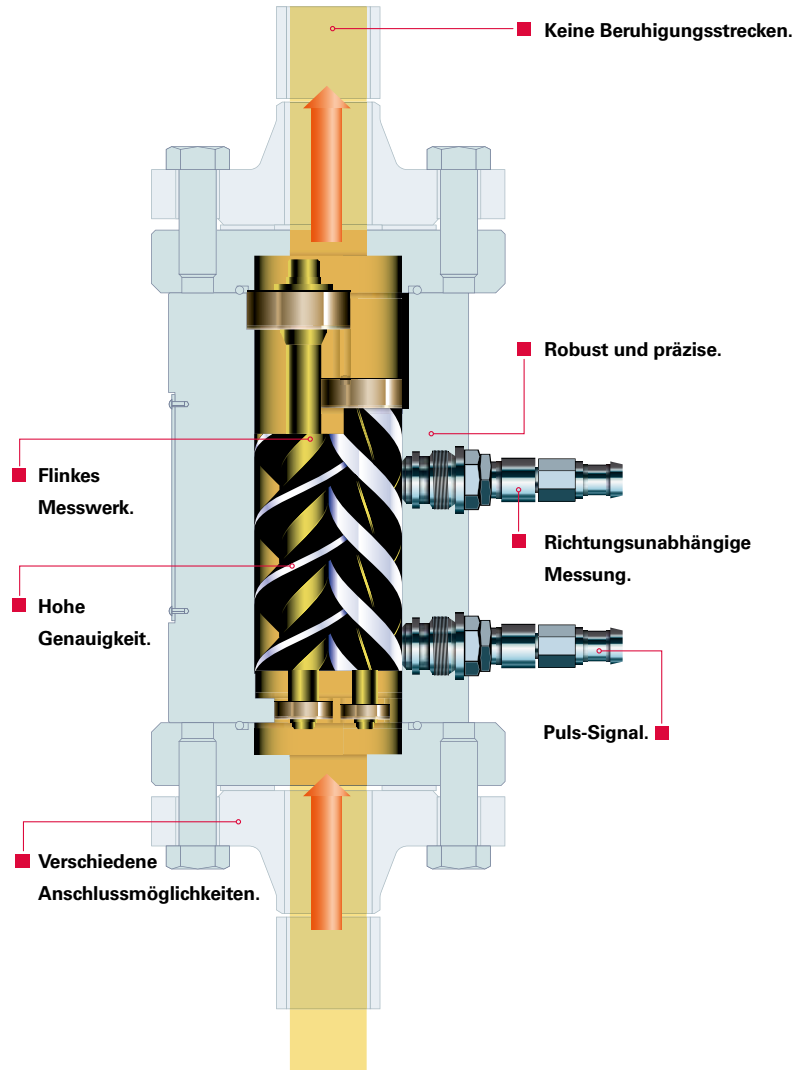
Das Gehäuse von KRAL Durchflussmessgeräten ist aus schweröltauglichem Sphäroguss. Die Stahlspindeln sind nitriert. Standardmäßig sind KRAL Durchflussmessgeräte mit Stahlkugellagern ausgestattet, für HFO kommen bei Bedarf auch Hybridlager mit Keramikugeln zum Einsatz. KRAL Durchflussmessgeräte werden grundsätzlich hinter dem Filter des Boostermoduls eingebaut. Diese Filterung schützt die Einspritzpumpen und deshalb auch die Durchflussmessgeräte.

Temperaturkompensation.

Bei vorgeheiztem Schweröl gibt es Temperaturunterschiede zwischen Vor- und Rücklauf. Mit der Temperaturkompensation werden die Temperaturunterschiede bei der Messwertbildung berücksichtigt (Seite 8). Die Temperaturkompensation ist eine Funktion der KRAL Elektronikeinheiten.

Hochpräzise Messkammer.

KRAL hat eine hohe Kompetenz bei der Spindelfertigung. Die Spindeln sind Präzisionsteile. Sie sind der Grund für die hochgenaue Kraftstoffmessung.



Druckpulskompensation.

Einspritzpumpen verursachen Druckpulse in den Kraftstoffleitungen, die eine Umkehr der Fließrichtung bewirken können (Seite 9). Mit dem Durchflussrichtungssensor wird zum Durchflusssensor ein zweites Signal der Spindelrotation erfasst.

Aus der Phasendifferenz erkennt die KRAL Elektronik die Drehrichtung der Spindeln. Durchflüsse in die falsche Richtung werden korrekt gemessen und bei der Bildung des Verbrauchswertes präzise eingerechnet.

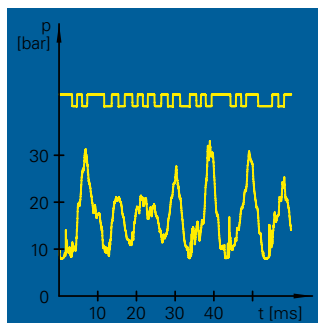
Stromerzeugungsanlagen – hohe Energieausbeute aus dem Kraftstoff.

Durch eigene Stromerzeugung die Betriebskosten selbst im Griff.

Exakte Messung der Energieausbeute.

Etwa 80 % der Investitions- und Betriebskosten von Stromerzeugungsanlagen sind Kraftstoffkosten. Ziel ist ein effizienter Betrieb, insbesondere bei Mehrmotorenanlagen. Die Energieausbeute ist deshalb ein entscheidendes Kaufkriterium und wird bei der Abnahme nach der Inbetriebsetzung, während der Garanzzeit und im Betrieb aufmerksam überwacht.

Kraftwerksbetreiber bestimmen die Energieausbeute über die Messung des Kraftstoffverbrauchs und der erzeugten Leistung. Beide Werte lassen sich einfach an den entsprechenden Instrumenten im Kontrollraum ablesen, wobei KRAL die Kraftstoffverbrauchsanzeige liefert. Der spezifische Kraftstoffverbrauch wird in Gramm pro Kilowattstunde [g/kWh] angegeben. Den Volumenstrom liefern die KRAL Durchflussmessgeräte.



Messung bei pulsierendem Kraftstoff.

Die Kolben der Einspritzpumpen erzwingen Flüssigkeitspulsationen (S. 4 und 9). Die Pulsationen können die Ursache für eine Umkehr der Strömungsrichtung des Kraftstoffes sein. Bleibt dieser Effekt unberücksichtigt, kommt es zu Fehlmessungen. Die KRAL Druckpulskompensation berücksichtigt die Rückflüsse zur korrekten Messwertbildung.



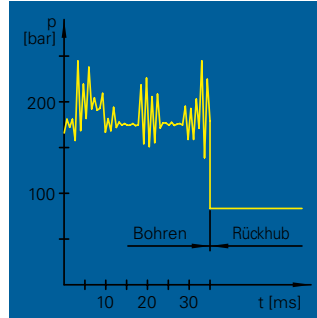
Kraftstoffnachweis bei Stromverkauf an das öffentliche Netz.

Unabhängige Stromerzeuger verkaufen Strom, der den Eigenbedarf übersteigt, an das öffentliche Netz. Der Kraftstoff, der dazu verbraucht wird, ist in manchen Ländern staatlich gefördert.

Die zuständige Behörde errechnet den öffentlich genutzten Kraftstoff auf Basis des spezifischen Kraftstoffver-

brauchs der Motoren. Motorhersteller ermitteln diesen Wert gemäß gültiger Normen auf Abnahmeprüfständen. Der Kraftstoffverbrauch ist im realen Einsatz jedoch höher als unter Prüfstandsbedingungen. Der Mehrverbrauch wird also nicht staatlich gefördert.

Mit einer KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung kann die wahre Verbrauchsmenge protokolliert und zur Förderung eingereicht werden. Mit dem erheblichen Förder-Mehrbeitrag amortisiert sich die KRAL Kraftstoffverbrauchsmessung schon in etwa einem Jahr.



Messung bei rauen Betriebsbedingungen.

KRAL Durchflussmessgeräte sind sehr robust und präzise. Eigenschaften, die sich gewöhnlich ausschließen. KRAL hat sich auf diese einzigartige Kombination spezialisiert.

KRAL Durchflussmessgeräte sind von außen robust. Aber auch das Präzisionsmesswerk ist so konstruiert, dass es Belastungen wie Anlagenvibrationen und Kraftstoffpulsationen leicht standhält.

Umweltschutz wird gefördert.

In manchen Ländern wird Umweltschutz gefördert. Der Betrieb von Strom- und Notstromaggregaten mit Dieselmotoren ist mit hohen Abgaben verbunden. Dazu gehören auch Aggregate wie Luftstartgeräte auf Flughäfen. Gewöhnlich zeigt ein Stundenzähler die Betriebsdauer. Die Behörden gehen von einem Volllastbetrieb des Aggregates aus. Sie nehmen also den höchsten Kraftstoffverbrauch der Motoren an. In Wirklichkeit laufen Stromaggregate nicht bei Volllast, sondern typisch bei 70 – 80 %. Real wird viel weniger Kraftstoff gebraucht, als es die theoretische Berechnung ergibt.

Wird der Kraftstoffverbrauch mit dem KRAL System gemessen und so ein niedrigerer Verbrauch nachgewiesen, amortisiert sich das System durch weniger Umweltschutzabgaben.

Es geht noch schlimmer.

Die Betriebsbedingungen in Kraftwerken stellen höchste Anforderung an Messgeräte und Sensorik. KRAL hat auch langjährige Erfahrung in anderen rauen Anwendungen. Ein Beispiel ist die Hydraulik von Tunnelbohrern.

Die Position des Bohrkopfes wird mit einem KRAL Durchflussmessgerät gemessen. Der Vorschub des Bohrkopfes bestimmt sich durch den Hub der Hydraulikzylinder. Der Hub wird durch eine Messung der Flüssigkeitsmenge, die in den Zylinder fließt, mit dem KRAL Durchflussmessgerät bestimmt. Die Schläge, die auf den Bohrkopf wirken, wenn er sich in den Fels bohrt, werden über die Hydraulikflüssigkeit auf das Durchflussmessgerät übertragen. Die Druckpulse und das Druckniveau zeigt das Diagramm.

KRAL Durchflussmessgeräte zeigen sich auch in dieser Anwendung sehr robust und zuverlässig. Das gibt allen Anwendern rauer Betriebsbedingungen ein sicheres Gefühl bei der Entscheidung für KRAL.

 Durchflussmesstechnik.

