

## Comunicado de imprensa Sensor Instruments

Janeiro de 2021

### Detecção de camadas de óleo em superfícies metálicas: uma comparação dos métodos de medição.

**21.01.2021. Sensor Instruments GmbH:** Ao processar metais durante o processo de conformação, o uso de óleos é essencial. Por exemplo, os óleos de corte aplicados às correias metálicas garantem baixo desgaste das ferramentas de punção. Mas os óleos de perfuração também contribuem de forma indispensável para a proteção das ferramentas de perfuração e fresagem durante a usinagem. Além disso, os óleos servem como proteção anticorrosiva de produtos semiacabados, tais como chapas, mas também películas metálicas. Por outro lado, após o processamento posterior, é necessário remover os resíduos de óleo dos produtos acabados com o mínimo de resíduos possível. Para este fim são utilizados sistemas especiais de limpeza, nos quais as peças metálicas são lavadas e sopradas.



A fim de cumprir as diretrizes técnicas de proteção ambiental durante a aplicação do óleo e também para levar em conta aspectos econômicos, é aconselhável determinar a quantidade de óleo aplicada. Entretanto, a determinação da respectiva quantidade de óleo também pode ser realizada INLINE (em linha). Vários métodos de medição, que serão discutidos em mais detalhes nas seções seguintes, estão disponíveis para esse fim. O processo de limpeza pode ser monitorado usando o mesmo sistema de sensores. Certamente, o desafio aqui é detectar com segurança as menores quantidades possíveis de resíduos de óleo, de preferência INLINE (em linha). Particularmente no caso de componentes condutores de eletricidade, tais como barras de cobre ou linhas elétricas, é necessária a menor resistência de transição possível, mas uma camada residual de óleo representaria um problema a esse respeito, pois prejudicaria

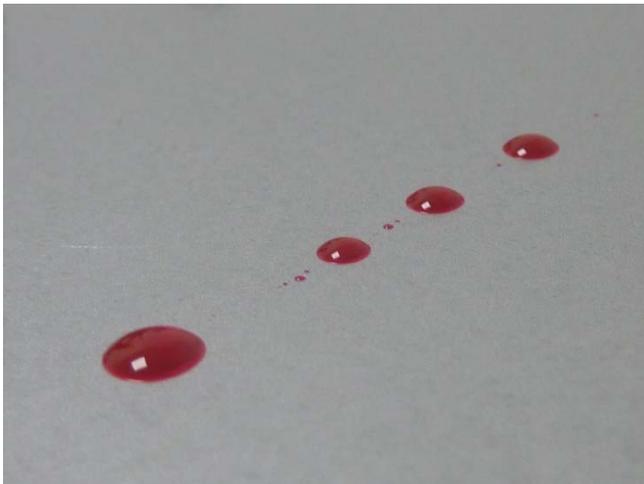
a eficiência energética de forma não insignificante.

### Como o controle é realizado na prática até ao momento?

Quando se fala em camadas de óleo, então se pensa principalmente em uma determinada espessura de camada, medida, por exemplo, em  $\mu\text{m}$ . Um método comum para o efeito seria determinar o peso por área da película de óleo. No entanto, para determinar isso, o peso de todo o componente deve ser determinado. O pré-requisito para isto é um equilíbrio preciso, assim como um componente exatamente idêntico em condição não oleosa para determinar a diferença de peso. Para poder deduzir a espessura da camada a partir do peso por área; além disso são necessárias informações sobre a densidade do respectivo óleo, assim como a área do respectivo componente. A diferença considerável no peso entre a camada de óleo real e o peso do componente não é exatamente propícia a uma determinação exata da espessura da camada de óleo. Além disso, a diferença de peso

dos componentes (de componente para componente), em cada caso no estado não oleado, é outra fonte de erro.

A falta de alternativas simples para a determinação direta da espessura da camada é provavelmente a razão pela qual o método de determinação da tensão superficial do componente a ser examinado está se tornando cada vez mais popular na prática. Neste caso, uma redução da tensão superficial de mais de 50 mN/m no estado não molhado para menos de 40 mN/m no estado oleado (dependendo da espessura da camada e do tipo de óleo) pode ser observada na presença de uma fina camada de óleo sobre uma superfície metálica. As chamadas tintas de teste, que cobrem uma faixa de 30 mN/m a 50 mN/m em passos de dois (30 mN/m, 32 mN/m, 34 mN/m, ...), são usadas para detectar a respectiva tensão superficial. A tinta de teste é aplicada no ponto a ser testado utilizando o pincel fornecido no frasco. Se a tinta de teste escorrer para fora da superfície, a próxima tinta de teste inferior é utilizada da mesma forma até que a tinta de teste adira à superfície por um período de tempo maior e, portanto, não escorra para fora. A tensão superficial está, então, entre as duas últimas tintas de teste utilizadas. Também pode ser observado que uma diminuição da tensão superficial é acompanhada por um aumento da espessura da camada de óleo.



A tinta de teste escorre, em forma de gotículas, pela superfície metálica umedecida com óleo, o que indica uma tensão superficial menor que o valor mostrado na tinta de teste.



Nessa figura, a tinta de teste adere à superfície metálica umedecida com óleo ou desengraxada. A tensão superficial da superfície metálica é, portanto, maior do que o valor especificado da tinta de teste.

## Os três diferentes métodos de medição

### Método de medição 1:

#### **Absorção de radiação UVC (265 nm de comprimento de onda central) pela camada de óleo**

Um sensor de fibra óptica (**SPECTRO-1-FIO-UVC/UVC**) em modo de luz refletida é usado como unidade sensora. Um LED UV com um comprimento de onda central de 265 nm é usado como fonte de luz. Por meio de fibra óptica de quartzo (**R-S-A3.0-(3.0)-1200-22°-UV**), a luz UVC é direcionada à seção da superfície metálica a ser medida e refletida por ela, em parte de maneira difusa e em parte de maneira direta. Uma parte da radiação refletida é direcionada para o detector integrado no sensor por meio do feixe de fibra óptica reflexa. Uma superfície metálica desengraxada que não tenha sido umedecida com óleo (o material e a estrutura da superfície devem ser os mesmos que para as medições subsequentes) serve como referência. Se houver uma camada de óleo entre a face de fibra óptica e a superfície metálica, parte da luz UVC é absorvida por ela tanto no caminho para lá como no caminho de volta. Assim, no lado do detector, pode ser observada uma diminuição do sinal. Se o sistema de sensores for usado para medição INLINE (em linha), recomenda-se uma distância de trabalho da face de fibra óptica da superfície metálica de aprox. 5 mm. A divergência do feixe é de 22° e a mancha de luz tem um diâmetro de cerca de 5 mm na superfície metálica a ser examinada. No caso de medições OFFLINE, é utilizado, adicionalmente, um distanciador (**A3.0-OFL**), que pode ser fixado à cabeça de fibra óptica.



**SPECTRO-1-FIO-(UVC/UVC)**



**R-S-A3.0-(3.0)-1200-22°-UV**



**R-S-A3.0-(3.0)-1200-22°-UV + A3.0-OFL**



**A3.0-OFL**

**Método de medição 2:**

**Estimulação de uma camada de óleo para fluorescência na faixa de comprimento de onda visível usando luz UVA (365 nm de comprimento de onda central)**

Para o efeito, é utilizado um sensor de cor (**SPECTRO-3-30-UV/BL-MSM-ANA**), cuja unidade emissora é composta por LEDs UV (365nm de comprimento de onda central). No caso de medições INLINE (em linha), recomenda-se uma distância de trabalho de 15 mm, mas com o distanciador (**SPECTRO-3-15-d65-OFL**) também é possível trabalhar OFFLINE (neste caso, a distância do sensor ao objeto também é de 15 mm). A essa distância, a área de detecção tem um diâmetro de cerca de 12 mm.



**SPECTRO-3-30-UV/BL-MSM-ANA**

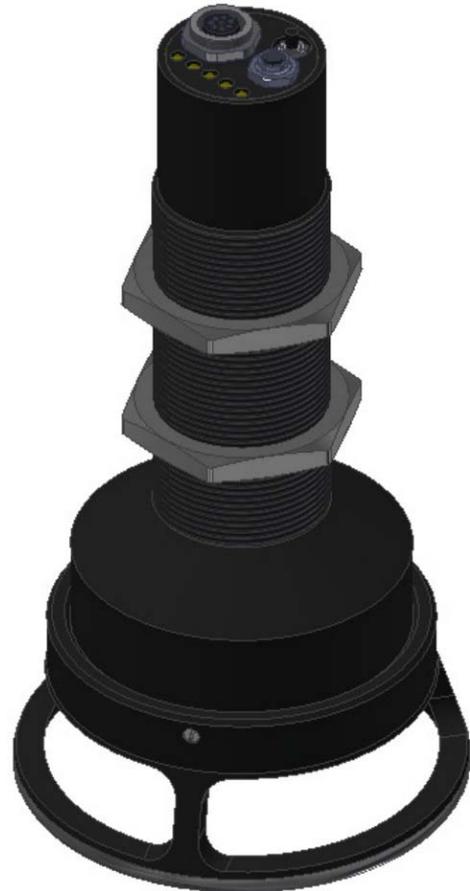
**SPECTRO-3-15-d65-OFL**

Os LEDs UV estão dispostos em forma de anel, no meio do sistema de sensores está situada a parte receptora, que realiza a detecção, por meio de filtros ópticos previamente comutados, na faixa de comprimento de onda visível enquanto a luz UV é bloqueada. Também com esse método de medição deve ser considerado que a intensidade da fluorescência medida depende, entre outras coisas, também da superfície metálica, já que esta serve como refletor. Uma calibração para a respectiva superfície ou para a respectiva forma do objeto é, portanto, absolutamente necessária.

### **Método de medição 3:**

#### **Absorção de luz MIR (3 $\mu\text{m}$ de comprimento de onda central) por uma camada de óleo**

A unidade de iluminação, é, aqui, uma fonte de luz MIR de banda larga cobrindo uma faixa de comprimento de onda de cerca de 2  $\mu\text{m}$  a 6  $\mu\text{m}$ . Com a ajuda de dois receptores, que dispõem de filtros ópticos diferentes, é realizada uma avaliação de sinal padronizada. O receptor 1 detecta em uma faixa de comprimento de onda estreita com um comprimento de onda central de aprox. 3  $\mu\text{m}$ , enquanto o receptor 2, também operando em uma faixa estreita, está equipado com um comprimento de onda central de aprox. 4  $\mu\text{m}$ . O receptor 2 atua como referência, uma vez que sua faixa de comprimento de onda é imperceptivelmente afetada pela camada de óleo em comparação com a faixa de comprimento de onda do receptor 1. A superfície metálica, por outro lado, reflete da mesma maneira em ambas as faixas de comprimento de onda. Uma avaliação padronizada dos dois sinais de medição fornece informações sobre a absorção da camada de óleo; o resultado é amplamente independente da superfície metálica presente em cada caso. A distância de medição desde o sistema de sensores (**SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)**) até à superfície metálica durante a medição INLINE (em linha) é de 10 mm, a faixa de detecção é de 10 mm de diâmetro. Não foi possível determinar uma perturbação da medição devido à luz ambiente (iluminação interior LED de luz branca), consequentemente é possível trabalhar com uma alta frequência de medição (> 1 kHz). Para a medição OFFLINE, está disponível um distanciador (**SPECTRO-M-30-OFL**) que também fornece uma distância de medição para a superfície metálica de 10 mm.



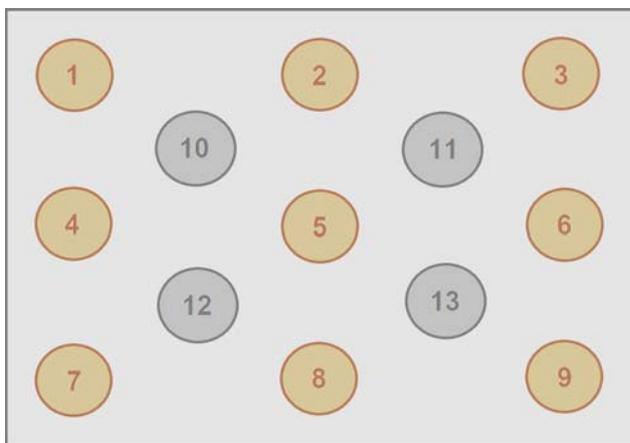
**SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)**



**SPECTRO-M-30-OFL**

## A configuração de medição

Como objeto de medição foi utilizada uma placa de aço inoxidável, na qual foram aplicadas camadas de óleo de diferentes espessuras do mesmo óleo (as camadas de óleo devem estar na faixa entre  $<1 \mu\text{m}$  e aprox.  $20 \mu\text{m}$ ). Isto foi testado utilizando diferentes quantidades de óleo (nos setores 1,2,3: quantidade média de óleo, nos setores 4,5,6: quantidade baixa de óleo e nos setores 7,8,9: quantidade abundante de óleo). Posteriormente, a mancha de óleo foi espalhada homogeneamente sobre um diâmetro de aproximadamente 60 mm, usando um pano descartável (sem fiapos). Esse processo ocorreu em todos os setores mencionados. Além disso, a quantidade de óleo já espalhada foi usada para espalhar setores 2,3,5,6,8 e 9 uma segunda vez usando um pano descartável, sem alterar o diâmetro do respectivo setor. Esse processo foi repetido uma segunda vez nos setores 3,6 e 9.

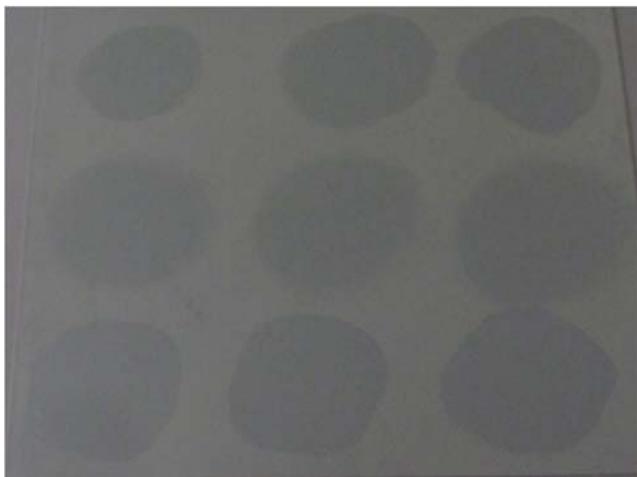


1,2 e 3: espessura média das camadas (diminuindo de 1 para 3)

4,5 e 6: espessura reduzida das camadas (diminuindo de 4 para 6)

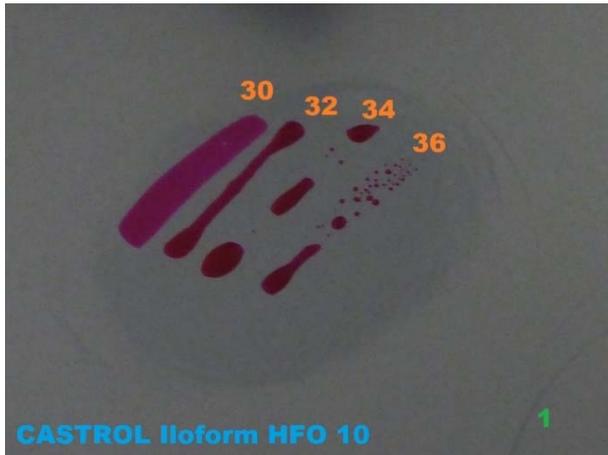
7,8 e 9: espessura grande das camadas (diminuindo de 7 para 9)

10,11,12 e 13: Setores utilizados para medição de referência (setores sem aplicação de óleo)



Placa de aço inoxidável com os 9 setores diferentes. Após os respectivos testes com um determinado tipo de óleo, a placa metálica foi limpa de óleo (desengraxada) quase sem deixar qualquer resíduo. A fim de verificar se o óleo de testes anteriores havia sido removido da superfície metálica, também foram feitas medições entre as aplicações individuais de óleo (setores 1-9). Essas áreas foram designadas como setores 10-13

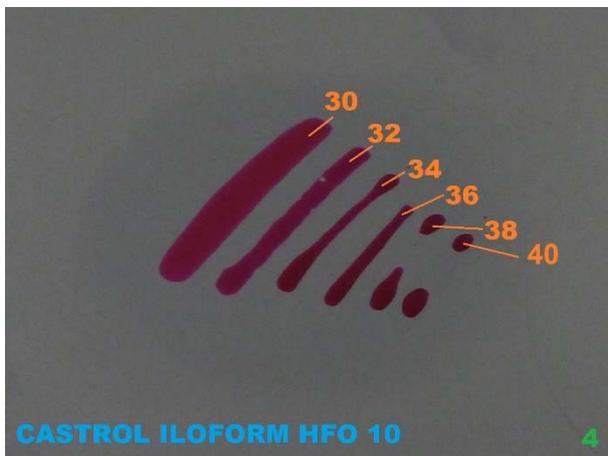
Como já mencionado no início, a tensão superficial nos respectivos setores serve como referência para as respectivas medições. Essa tensão superficial foi determinada com a ajuda dos tipos de sensor de tintas de teste disponíveis (de  $30 \text{ mN/m}$  a  $50 \text{ mN/m}$ ) em cada caso após as medições com os 3 sensores diferentes por tipo de óleo. (A tinta de teste foi aplicada aos respectivos setores, onde o resultado da medição será afetado pela autofluorescência da tinta de teste, absorção adicional ou reflexão).



Amostra de óleo: CASTROL Iloform HFO 10

Tintas de teste: 30 mN/m, 32 mN/m, 34 mN/m, assim como 36 mN/m

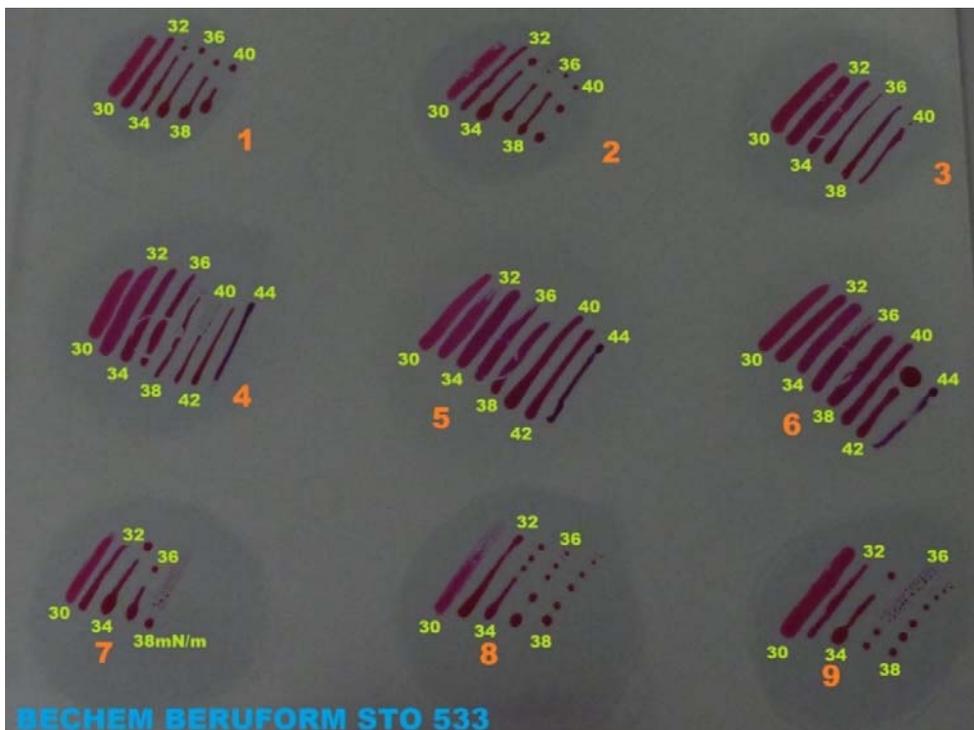
Setor: 1



Amostra de óleo: CASTROL Iloform HFO 10

Tintas de teste: 30mN/m, 32mN/m, 34mN/m, 36mN/m, 38mN/m e 40mN/m

Setor: 4



Amostra de óleo: BECHEM BERUFORM STO 533

Tintas de teste usadas: 30 mN/m a 44 mN/m nos 9 diferentes setores

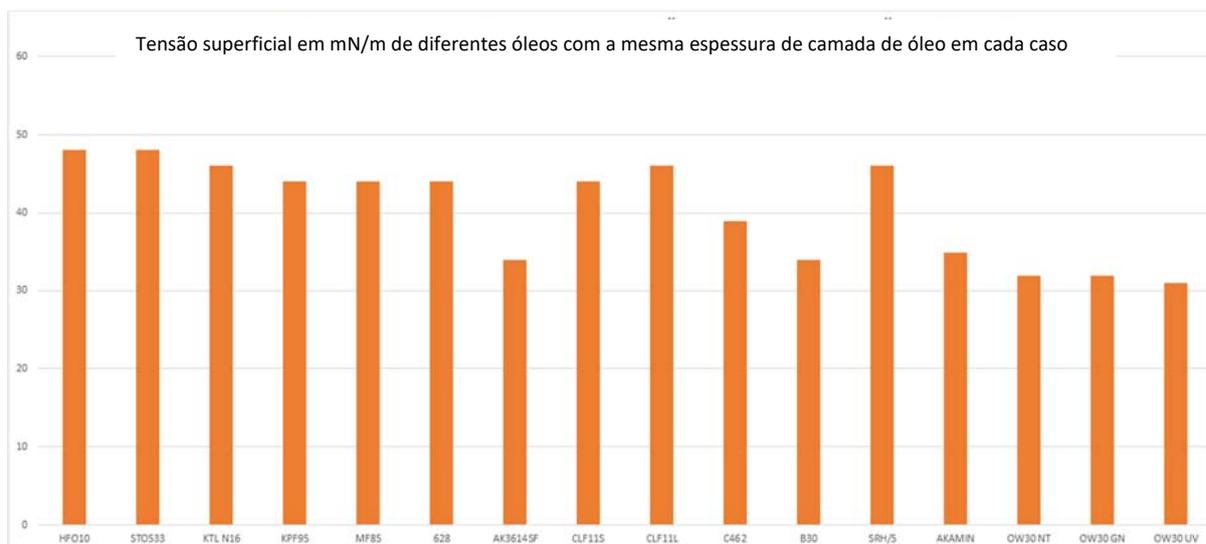
## As amostras de óleo

Estavam disponíveis os óleos a seguir para testes:

- CASTROL HFO10
- BECHEM STO533
- Z+G KTL N16
- BECHEM KFP95
- BECHEM MF85
- WILKE 628
- WISURA AK3614SF
- RAZIOL CLF11S
- RAZIOL CLF11L
- TRUMPF C462
- TRUMPF B30
- TRUMPF SRH/5
- TRUMPF AKAMIN
- OW 30 NEUTRO
- OW 30 0.01 % VERDE
- OW 30 0.01 % COR UV

## Comparação da tensão superficial dos diferentes óleos com aproximadamente a mesma espessura de camada de óleo

A investigação dos vários óleos mostrou que a tensão superficial assume valores diferentes para aproximadamente a mesma espessura de camada de óleo, dependendo do óleo em questão:



Os valores de tensão superficial foram comparados no setor 6, ou seja, a menor quantidade de óleo aplicada (<1 µm espessura da camada). Uma conclusão da tensão superficial na espessura da camada de óleo não é, portanto, possível sem o conhecimento do óleo.

## Os resultados das medições

### Método de medição 1:

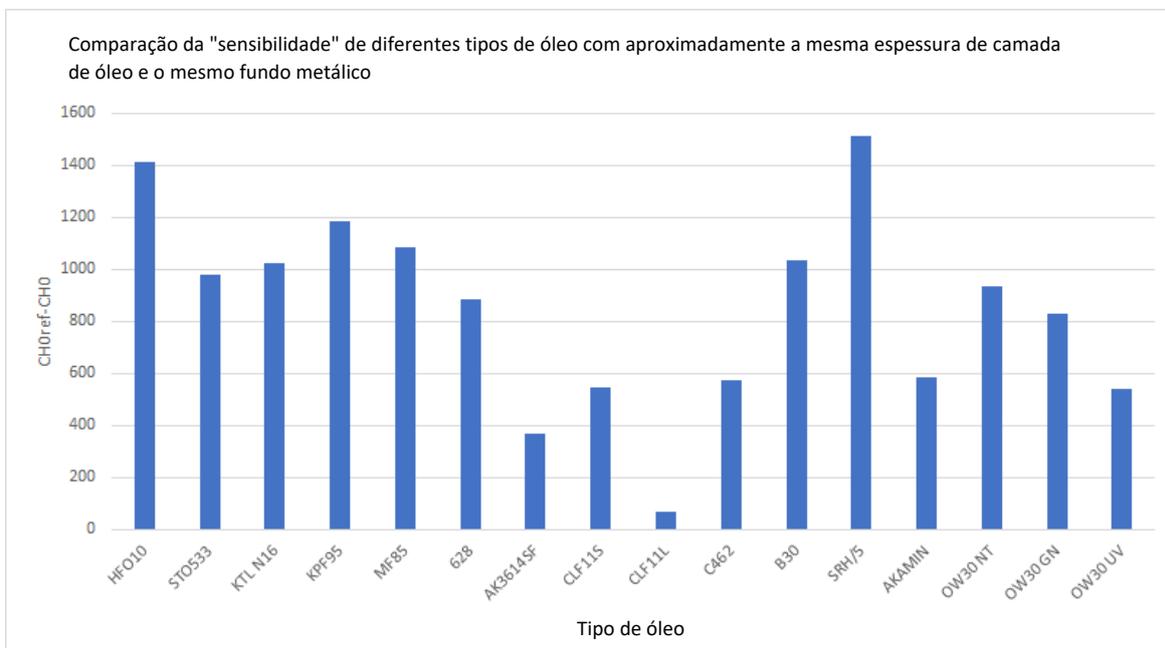
#### Absorção de radiação UVC (265 nm de comprimento de onda central) pela camada de óleo

O sensor de fibra óptica **SPECTRO-1-FIO-(UVC/UVC)**, incluindo a fibra óptica reflexa **R-S-A3.0-(3.0)-1200-22°-UV** e a aplicação Offline de fibra óptica **A3.0-OFL**, foi usado primeiro para medir cada tipo de óleo nos setores 10 a 13 (determinação dos valores de medição e da tensão superficial da superfície do metal desengraxada, que serve como referência) e depois nos setores 1 a 9. A cabeça de fibra óptica, incl. a aplicação Offline foi colocada no meio de cada setor.



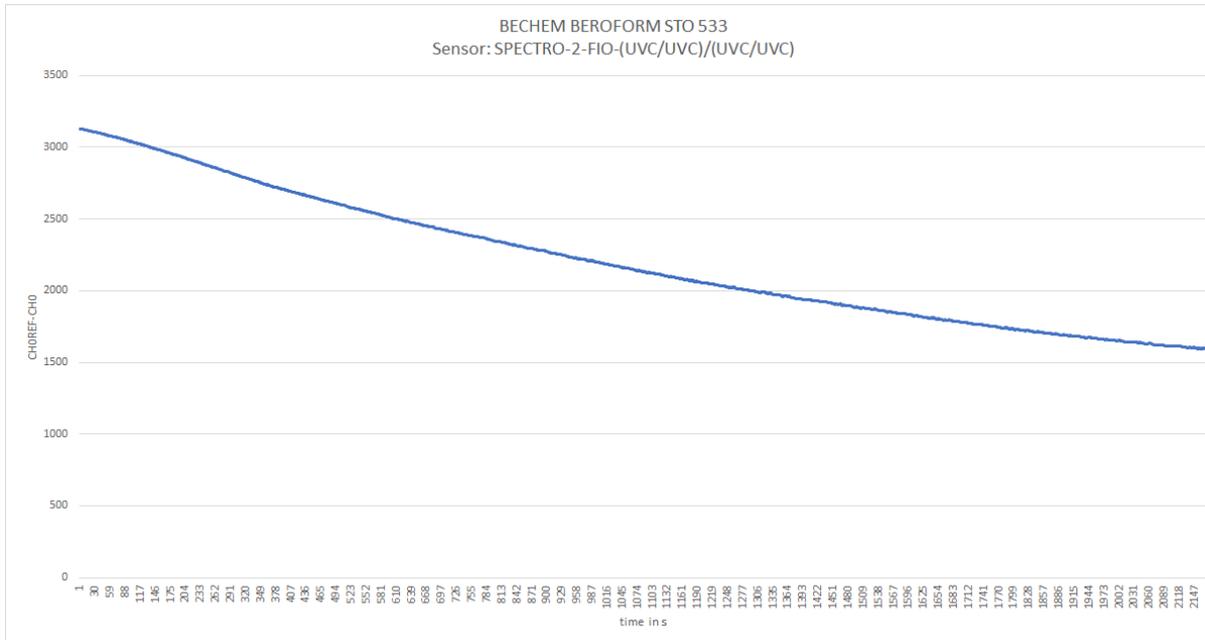
### Comparação das sensibilidades dos diferentes óleos aquando da mesma espessura de camada de óleo

Os exames dos tipos de óleo disponíveis por meio do método de medição 1 levaram, no entanto, a resultados de medição claramente diferentes, como pode ser concluído a partir do diagrama a seguir:



Em cada caso, foi medida a queda do sinal da radiação UVC  $CH0_{ref}$  refletida pela superfície metálica e detectada pela fibra óptica menos a radiação UVC  $CH0$  refletida da superfície metálica e reduzida (por absorção) tanto no exterior como no caminho de retorno. A relação da diferença  $CH0_{ref}-CH0$  da amostra de óleo mais fortemente absorvente para a amostra de óleo que se comporta quase neutralmente é aproximadamente um fator 22.

**Investigação da absorção de UVC de uma camada de óleo em função do tempo**

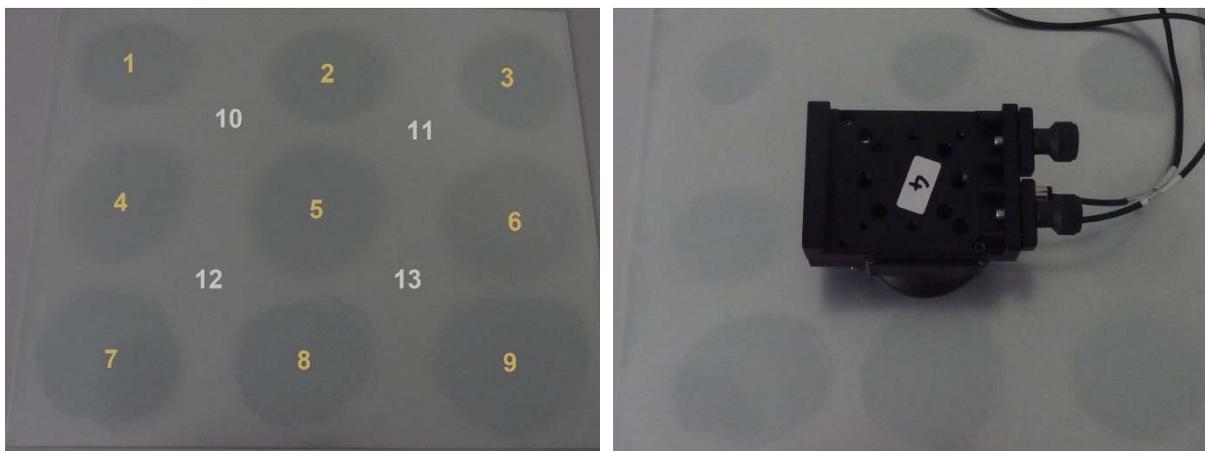


Nesse método de medição, a extremidade frontal de fibra óptica A3.0-OFL foi colocada em um local específico na película de óleo por um longo período de tempo e o caminho do sinal CHO foi registrado durante esse tempo.

Aqui, uma diminuição significativa na absorção ( $\Delta = 1600$ ) da radiação UVC foi observada durante um período de 36 min. ( $CH_{0ref} = 3975$ ), o que corresponde a uma diminuição relativa do efeito de absorção por um fator 2. Ao determinar o valor medido, o tempo após a cabeça de medição ter sido colocada sobre a respectiva amostra de óleo é, portanto, decisivo.

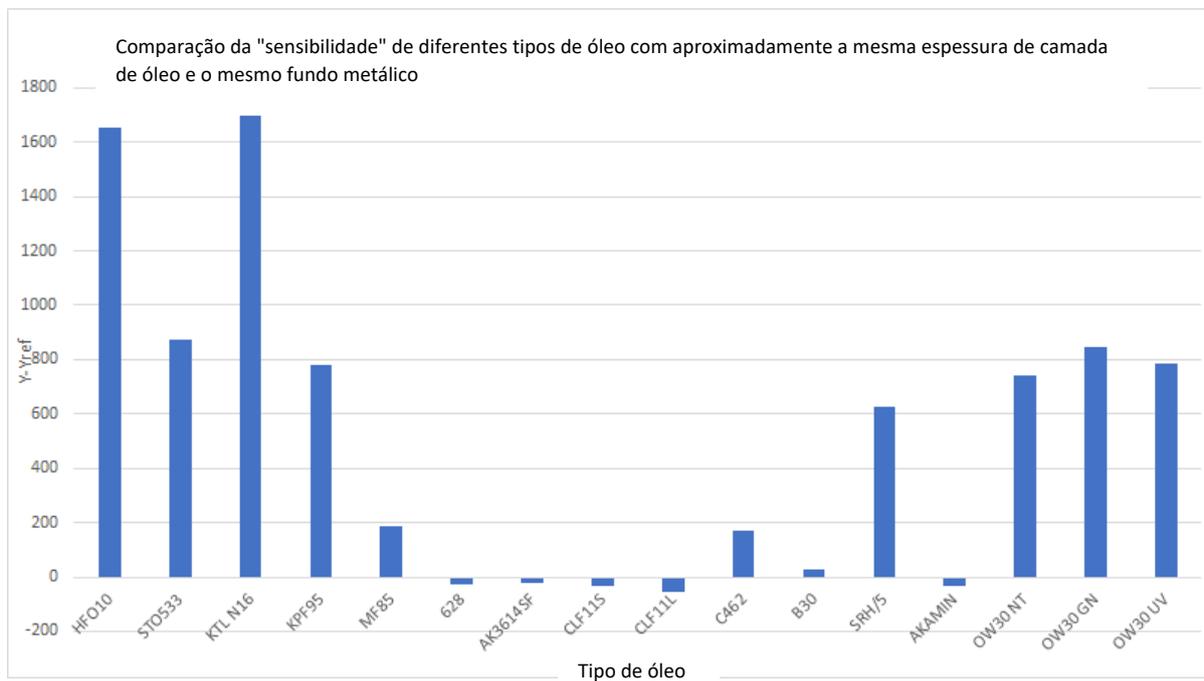
**Método de medição 2:**

**Emissão secundária na faixa de comprimento de onda visível (fluorescência) quando estimulado na faixa UVA (365 nm)**



Foi usado como sensor um **SPECTRO-3-30-UV/BL-MSM-ANA** com uma iluminação de anel UVA (365 nm) e uma faixa de detecção no lado receptor de tipicamente 450 nm a 700 nm. O sistema **INLINE** (em linha) foi equipado com um distanciador **SPECTRO-3-15-d65-OFL** na frente para que as medições também pudessem ser realizadas em posição horizontal. Primeiro, foi determinado um valor médio de referência nos pontos de referência (10-13) e depois medido por sua vez nos pontos 1-9 para cada amostra de óleo.

### Comparação das sensibilidades dos diferentes óleos aquando da mesma espessura de camada de óleo



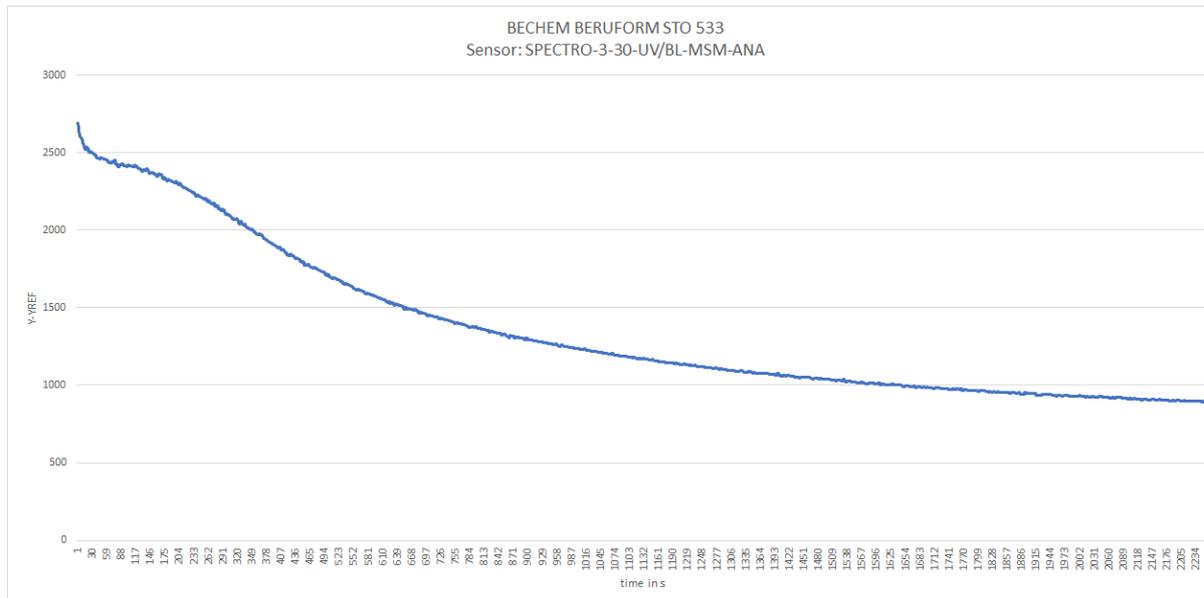
Mesmo com esse método de medição, houve grandes diferenças no valor  $Y-Y_{ref}$  para a mesma espessura de camada de óleo dos tipos de óleo individuais. Se os tipos de óleo que não tendem a fluorescer não são levados em conta, há uma diferença de aprox. 61 entre a amostra mais sensível (Z+G KTL N16) e a menos sensível (TRUMPF B30).

Nenhuma fluorescência pôde ser detectada com os seguintes tipos de óleo com uma estimulação na faixa UVA:

- WILKE 628
- WISURA AK 3614SF
- RAZIOL CLF 11S
- RAZIOL CLF 11L
- TRUMPF AKAMIN

## Investigação da fluorescência na faixa de comprimento de onda visível após a estimulação UVA de uma camada de óleo em função do tempo

Nesse caso, o sistema de sensores foi colocado em um ponto de medição específico durante um período de tempo mais longo (alguns minutos) e a força do sinal Y foi registrada durante este período.

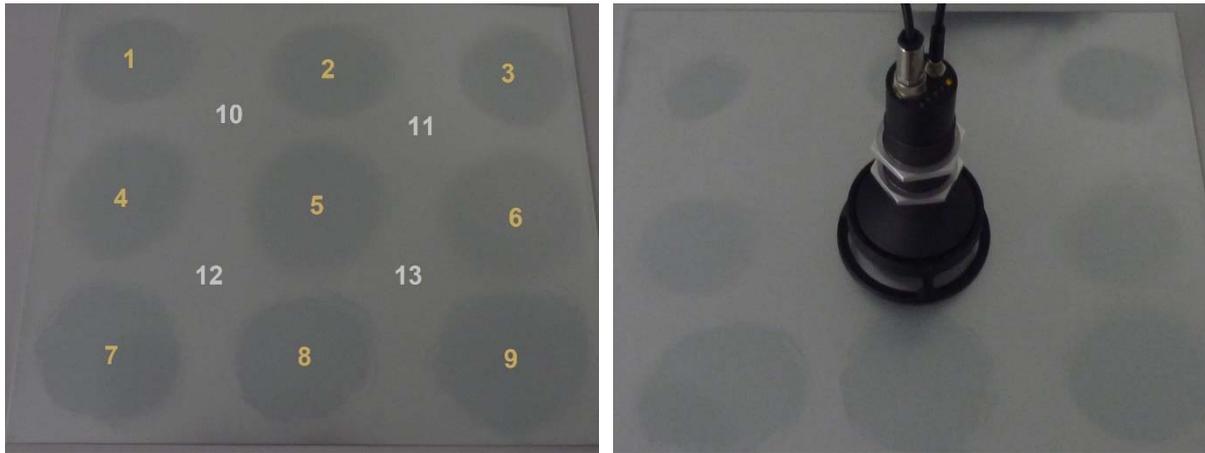


Durante um período de aprox. 38 minutos, por exemplo, uma diminuição do sinal de fluorescência Y-Ref por um fator 3 poderia ser determinada para o tipo de óleo BECHEM BERUFORM STO533. Portanto, também é decisivo para esse método de medição determinar a tensão superficial no respectivo local de medição quando exatamente o valor de medição foi registrado depois que o sistema de sensores foi colocado. No caso do uso INLINE (em linha) do sistema de sensores, entretanto, isto deve ser menos problemático, já que nesse caso cada amostra de medição só é exposta à radiação UVA relativamente intensa por um curto período de tempo e, portanto, a determinação do valor de medição pode ser realizada ao mesmo tempo após o posicionamento. A sequência temporal-síncrona ocorre entre o controlador lógico programável (CLP) e o respectivo atuador.

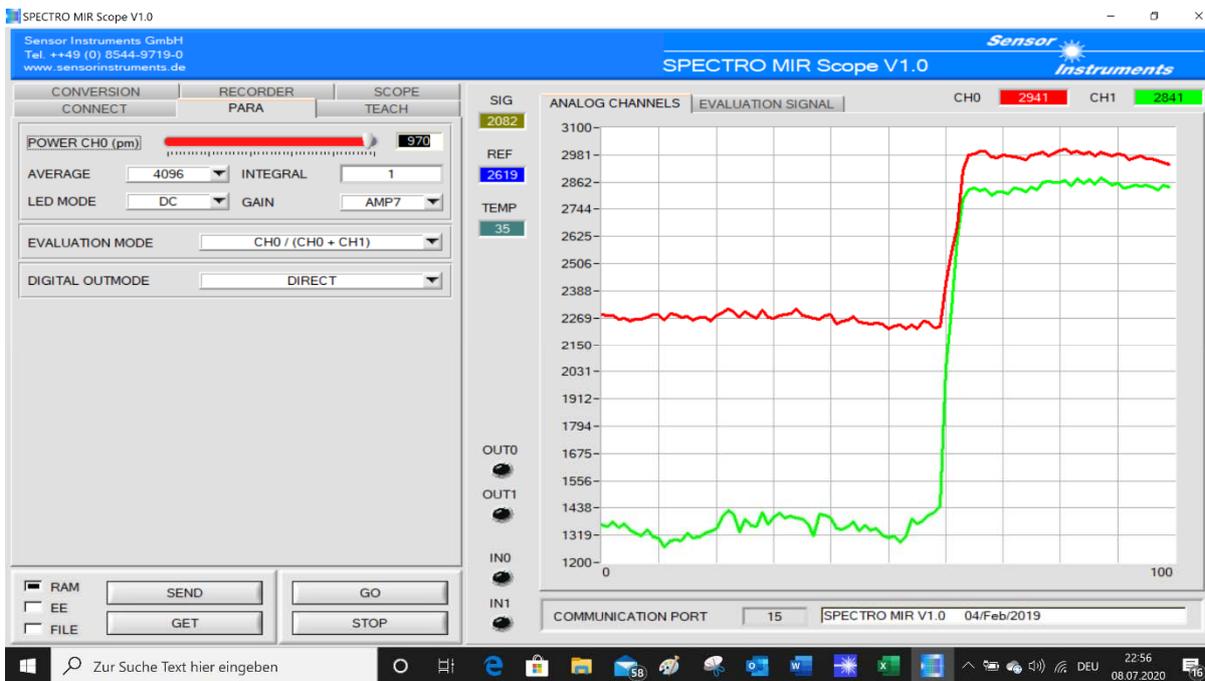
### **Método de medição 3:**

#### **Comparação padronizada de duas faixas de comprimento de onda na faixa média de infravermelhos (MIR)**

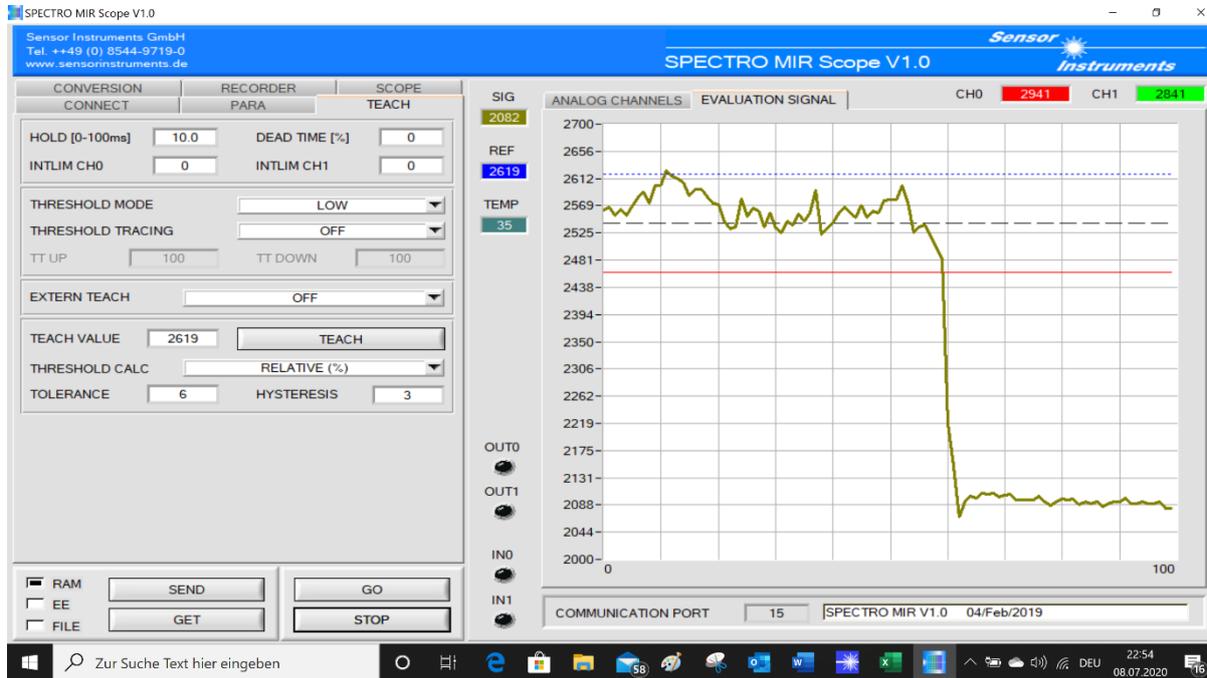
Foi usado um **SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)** como sensor; as posições de medição 1-9 também foram consideradas aqui, enquanto as posições 10-13 serviram como locais de referência. Usando o distanciador **SPECTRO-M-30-OFL**, o sistema de medição INLINE (em linha) foi rapidamente convertido em um instrumento de medição portátil. A distância até a superfície de medição foi de 10 mm. O valor de medição padronizado resulta dos dois valores medidos determinados das duas janelas de medição na faixa MIR com os comprimentos de onda centrais de 3 µm e 4 µm, respectivamente, sendo que esta última serve como janela de referência, uma vez que as investigações espectrométricas anteriores mostraram que não existe absorção perceptível da radiação MIR nesta faixa de comprimento de onda.



Durante as medições, foi estabelecida uma conexão com o PC via interface serial. A parametrização dos sensores, assim como a exibição numérica e gráfica dos dados de medição foi realizada através do software Windows® **SPECTRO MIR Scope V1.0**.



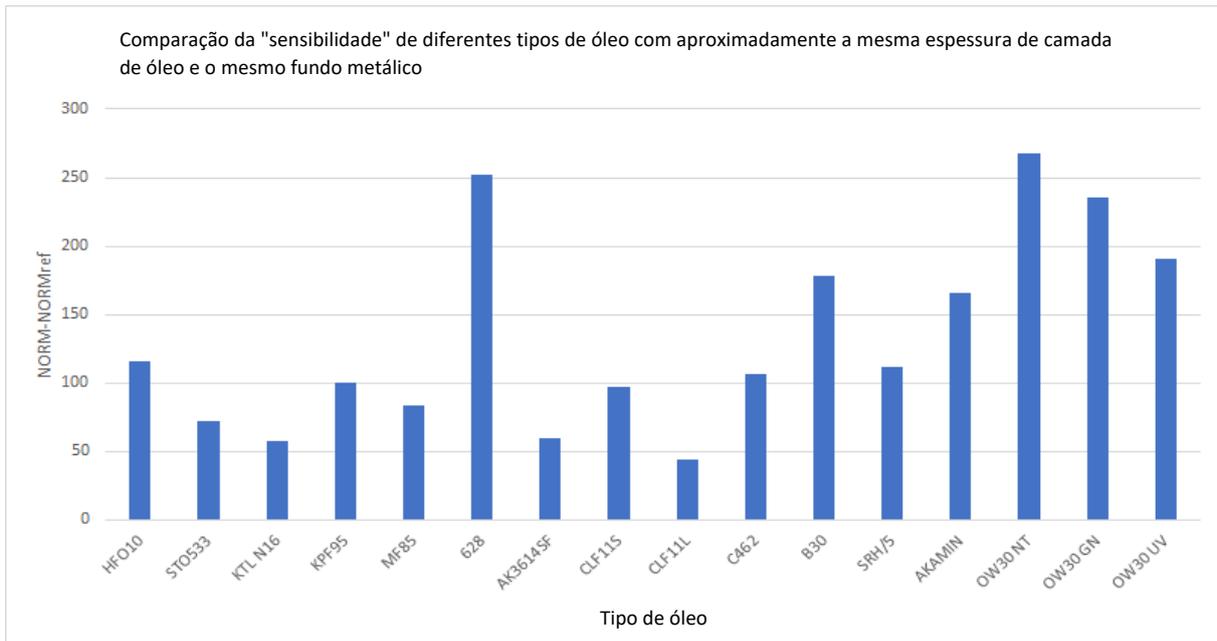
Além da exibição dos dois valores de medição CH0 (valor de referência a 4 µm) e CH1 (valor de medição a 3 µm), o valor SIG padronizado =  $4095 \times CH0 / (CH0 + CH1)$  também é exibido.



Durante a medição INLINE (em linha), o software **MIR MONITORING** também pode ser usado. A situação atual da qualidade, assim como a tendência, é, assim, exibida ao operador do sistema no monitor durante a produção através de um gráfico de barras. Além disso, os dados de medição são salvos em um formato adequado para que possam ser usados posteriormente com o Word® ou Excel®.

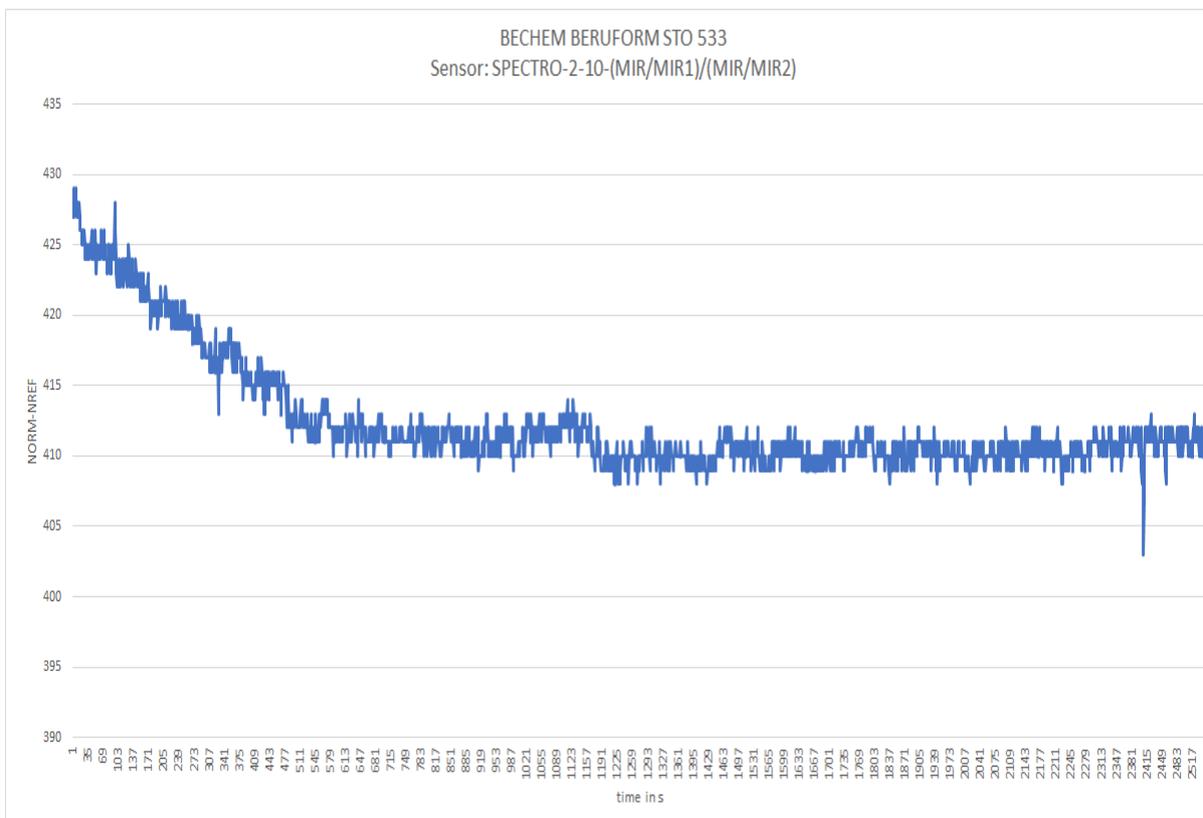
### Comparação das sensibilidades dos diferentes óleos aquando da mesma espessura de camada de óleo

Também foram encontradas diferenças de sensibilidade entre os diferentes tipos de óleo (com espessura de camada comparável) usando esse método de medição. Em comparação com outros métodos de medição, porém, todos os tipos de óleo puderam ser detectados e a diferença entre a amostra mais sensível e a menos sensível foi apenas um fator de 7.



**Investigação da absorção padronizada de luz MIR nas faixas de comprimento de onda em torno de 3µm ou 4µm de uma camada de óleo em função do tempo.**

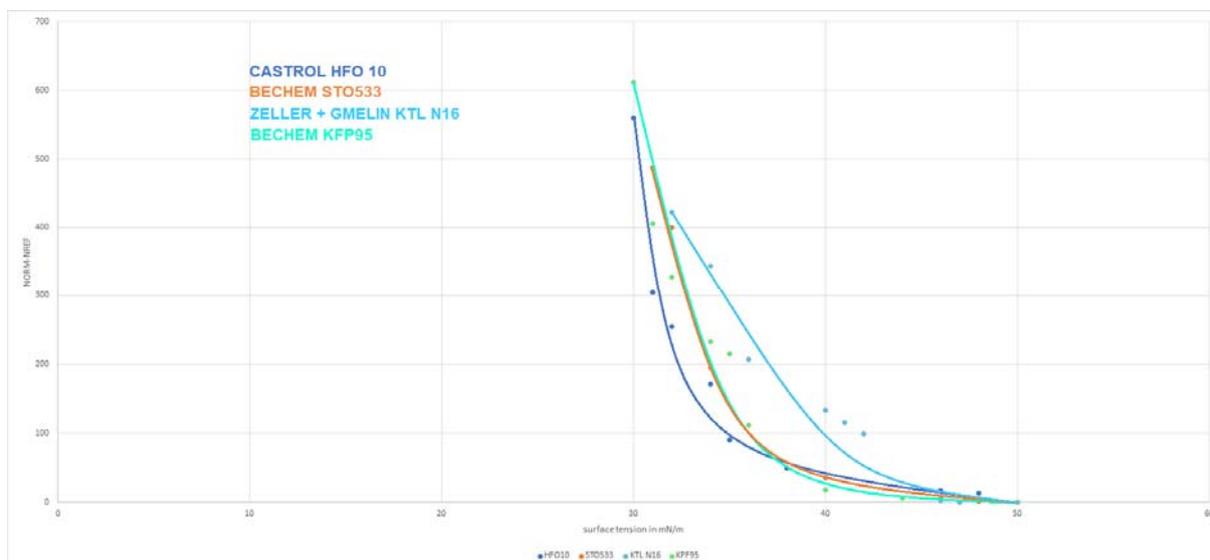
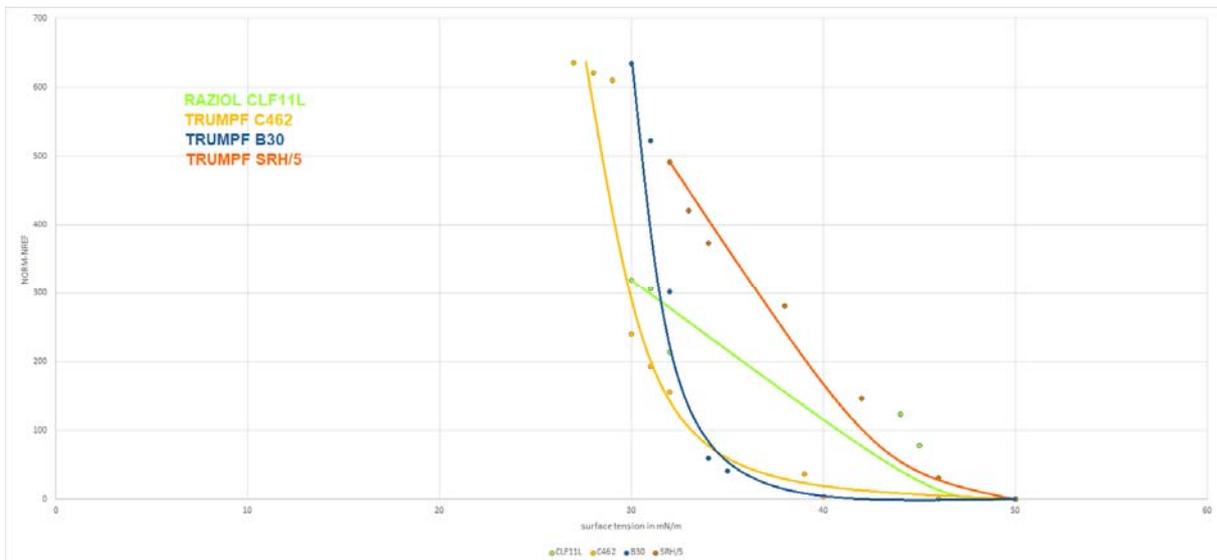
Aqui, o sistema de sensores foi colocado em um ponto de medição, que foi suprido com uma película de óleo de um determinado tipo de óleo, e posteriormente um registro de dados de medição foi realizado durante um período de tempo mais longo (aprox. 43 min.).

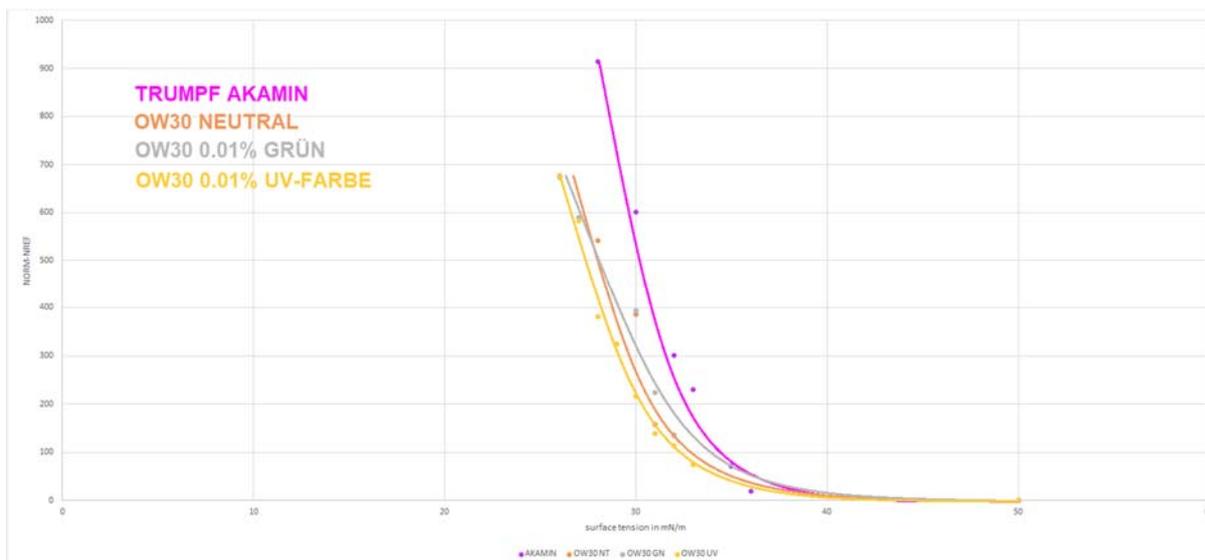
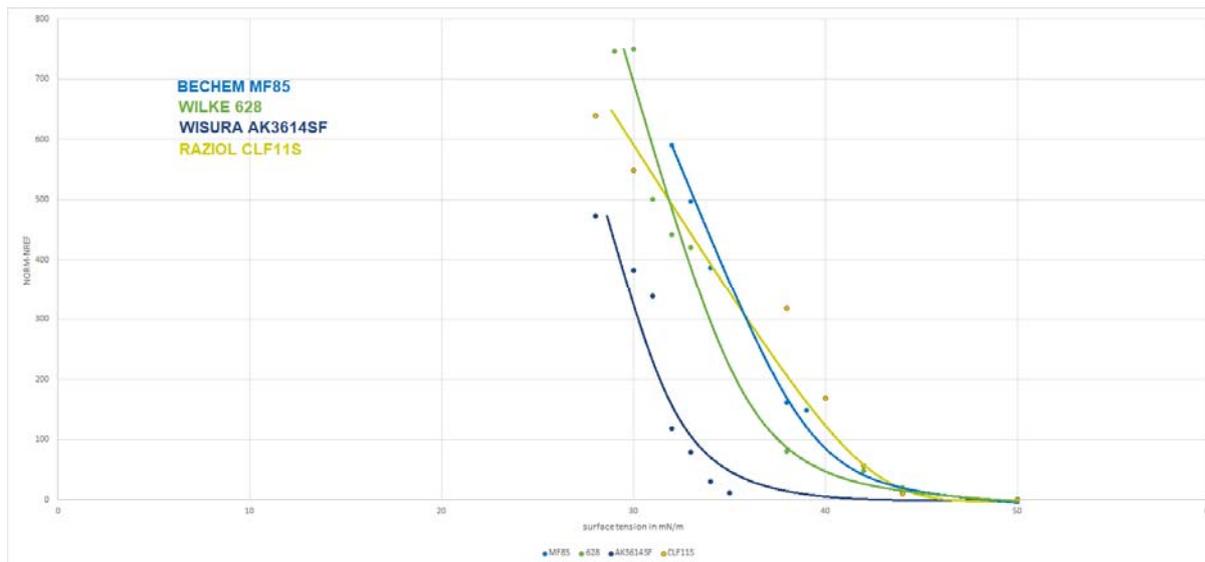


Foi encontrada uma diminuição na faixa padronizada de apenas 5 % (correspondente a um fator de cerca de 1,05). Em comparação com os dois métodos de medição anteriores, a queda do sinal é significativamente menor, o que provavelmente se deve não só à avaliação padronizada, mas também ao fato de que a radiação MIR parece ter um efeito muito menor sobre uma mudança no comportamento de absorção de óleos ao longo do tempo.

**Investigação do comportamento de absorção padronizado na faixa MIR em função da tensão superficial do respectivo tipo de óleo.**

Aqui, as medidas foram tomadas nas posições 1-9 (NORM) e um valor médio de referência foi formado a partir das 4 posições de referência (*NORMref*). A diferença entre os dois valores (*NORM - NORMref*) serve, assim, como uma medida para a tensão superficial. O valor da tensão superficial foi determinado aqui por meio do método de tinta de teste.





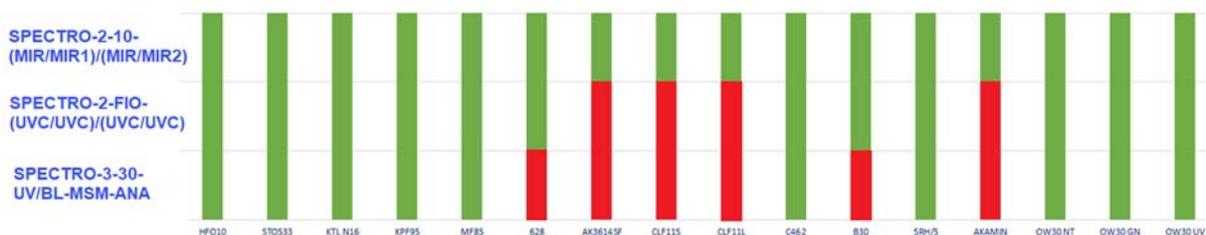
Pode ver-se nas curvas de medição que uma calibração do óleo utilizado em cada caso em conjunto com a respectiva superfície metálica também deve ser realizada com este método de medição. A calibração pode ser realizada por parte do usuário utilizando o software Windows® **SPECTRO MIR Scope V1.0**. Além do respectivo valor NORM, o valor da tensão superficial também é exibido.

## Sumário

Na prática, a presença de películas de óleo em superfícies metálicas tem sido até agora verificada com frequência com tintas de teste. Mas se trata de um método de contato, já que a tinta de teste deve ser aplicada na respectiva superfície. Além disso, esse método para determinar a tensão superficial também depende da observação visual do observador (formação de gotículas sim/não e em que tempo?) e o fato de haver apenas uma gradação relativamente grosseira de tintas de teste em termos de tensão superficial (em passos de 2

mN/m) não é necessariamente conducente a uma análise precisa. Além disso, é necessário um determinado tamanho da área a ser testada para esse método (largura do pincel x aprox. 15 mm de comprimento). Os já explicados métodos de medição 1 e 2 permitem áreas de medição muito pequenas, mas têm a desvantagem de nem todos os óleos reagirem ao respectivo efeito físico, ou seja, eles se comportam de maneira quase neutra. O método de medição 3 requer uma superfície de teste um pouco maior, que também deve ser plana. Em todos os outros critérios, no entanto, este método tem melhor desempenho do que os métodos de medição 1 e 2. Uma das principais vantagens do método de medição 3 é a avaliação padronizada. Embora isto não possa substituir a calibração individual para cada tipo de óleo e superfície metálica variações na superfície metálica e qualquer deriva de intensidade da fonte de luz utilizada podem ser compensadas na medida do possível. Além disso, ao utilizar luz artificial (lâmpadas LED de luz branca) para iluminação do espaço (luz ambiente), nenhuma influência sobre o resultado da medição pode ser observada.

Quais óleos são adequados para o respectivo método de medição? (verde: adequado, vermelho: não adequado)



Outras características importantes dos respectivos métodos de medição em comparação:

Método de medição	UVC	UVA	MIR
Fator de diferença de sensibilidade dos diferentes tipos de óleo	22	61	7
Fator de atenuação do sinal para tempo de exposição longo	2	3	1.05
Sensibilidade à luz estranha no que se refere à luz artificial (luz branca LED)	médio	forte	baixo
Distância de medição em mm	5	15 (11)*	10
Faixa de detecção em mm	5	12 (1)*	10

\* para o método de medição UVA existe também uma versão de fibra óptica disponível, com a qual é possível alcançar faixas de detecção correspondentemente pequenas.

**Contato:**

Sensor Instruments  
Entwicklungs- und Vertriebs GmbH  
Schlinding 11  
D-94169 Thurmansbang  
Telefone +49 8544 9719-0  
Fax +49 8544 9719-13  
[info@sensorinstruments.de](mailto:info@sensorinstruments.de)