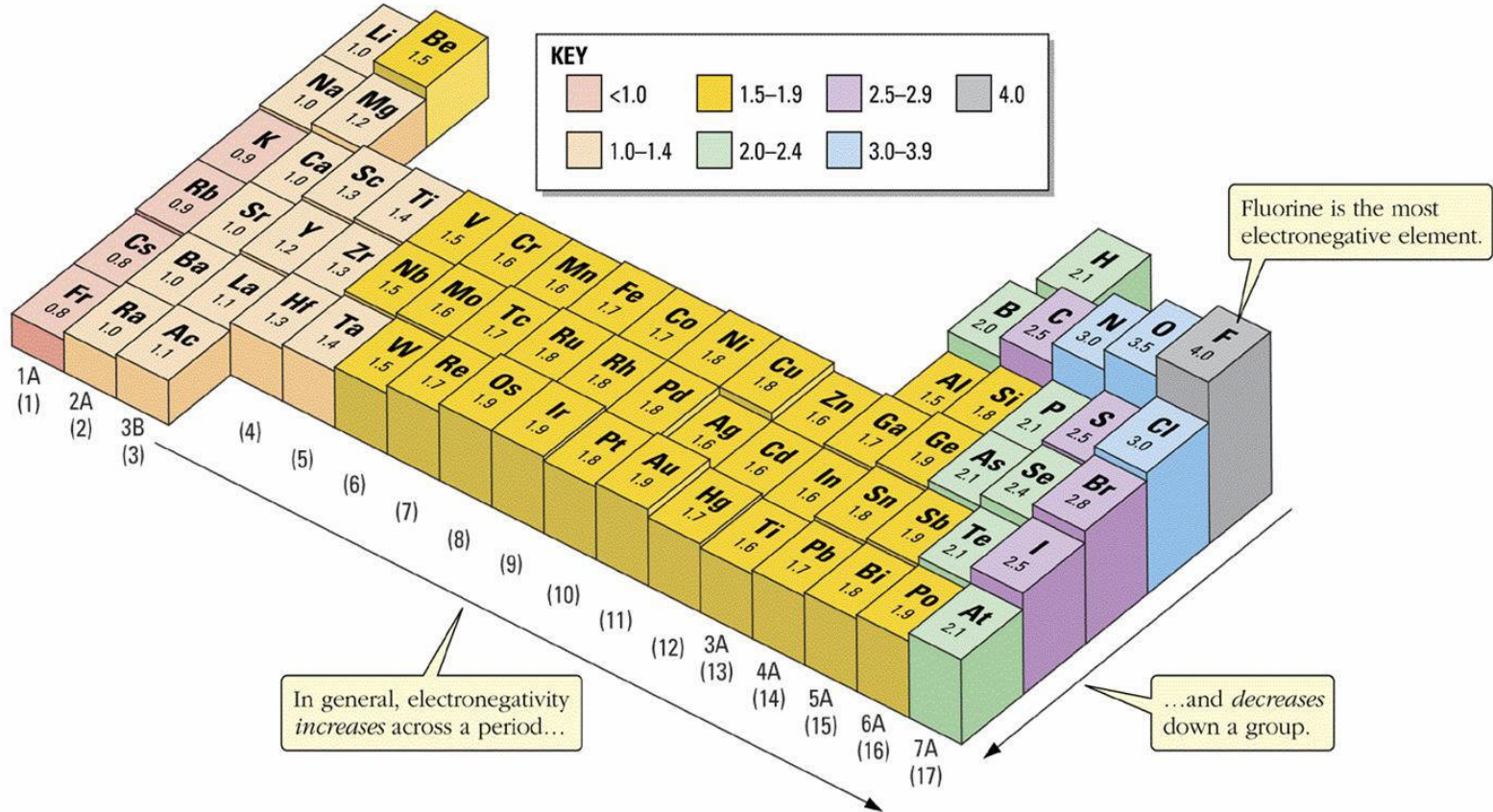


Sensorik polarer Kraftstoffe

Martin Unglert

Elektronegativität

Definition: Polarität bezeichnet Unterschiede in der Ladungsverteilung von Molekülen

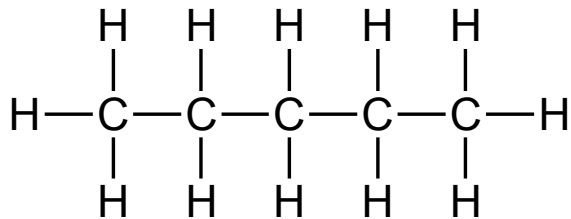


Quelle: <https://www.birdvilleschools.net/cms/lib2/TX01000797/Centricity/Domain/912/ChemLessons/Lessons/Bonding/image014.jpg>

Polarität

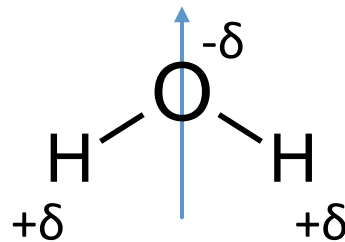
Definition: Polarität bezeichnet Unterschiede in der Ladungsverteilung von Molekülen

unpolar



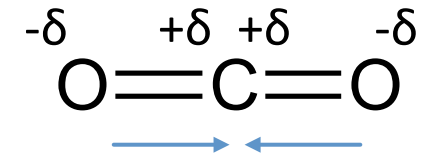
kein Dipolmoment

polar



permanentes
Gesamtdipolmoment

apolar



vektorielle Addition der
Dipolmomente gleich 0

Permittivität als Maß für die Polarität

Definition: Polarität bezeichnet Unterschiede in der Ladungsverteilung von Molekülen

Debye-Gleichung:

$$P_m = \epsilon_r - 1 / \epsilon_0 + 2 \cdot M / \rho = N_A / 3 \epsilon_0 k_B T (\alpha + \mu^2 / 3 k_B T)$$

$$\epsilon_r = C / C_0$$

ϵ_r = relative Permittivität
 P_m = molare Polarisierung
 N_A = Avogadro-Konstante
 k_B = Boltzmann-Konstante
 ϵ_0 = elektrische Feldkonstante
 α = elektrische Polarisierbarkeit
 T = absolute Temperatur
 ρ = Dichte
 M = molare Masse
 μ = permanentes Dipolmoment

C_0 = Kapazität leere Kondensator
 C = Kapazität gefüllter Kondensator

Komplexe Permittivität

$$\epsilon_r(\omega, T) = \epsilon_r(\omega, T)' - j\epsilon_r(\omega, T)''$$

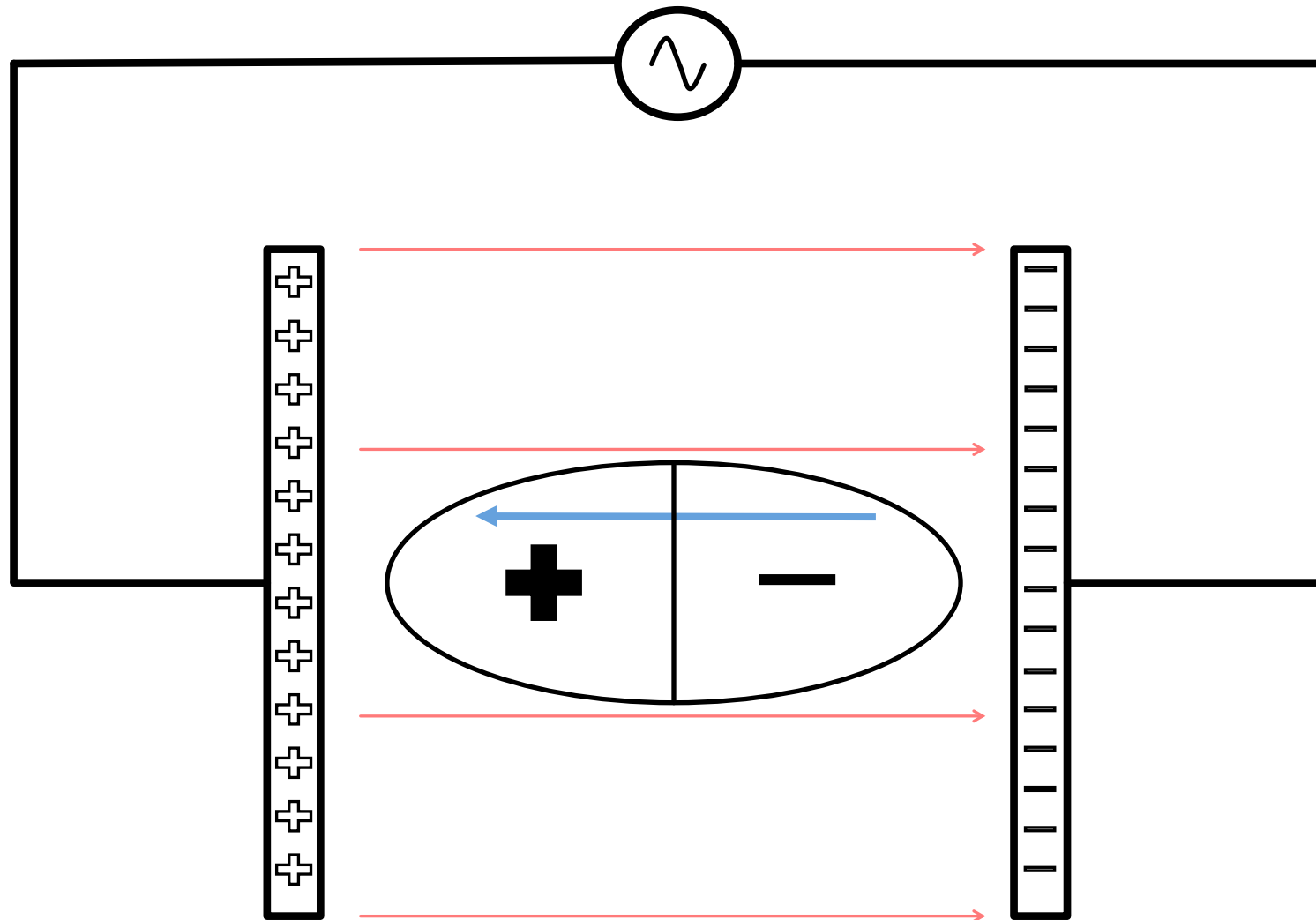
Realteil

- Orientierungspolarisation
- Ionenpolarisation
- Elektronenpolarisation

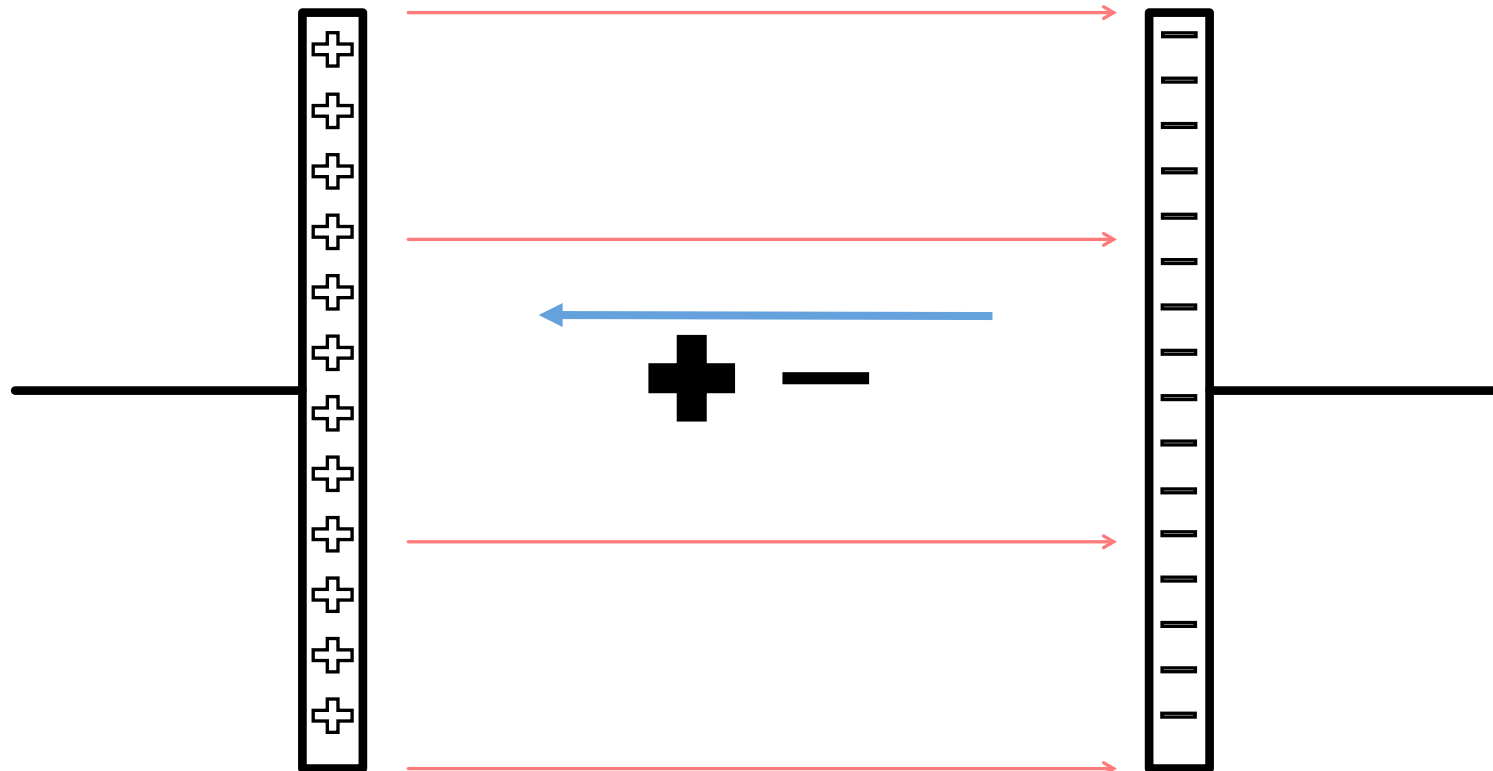
Imaginärteil

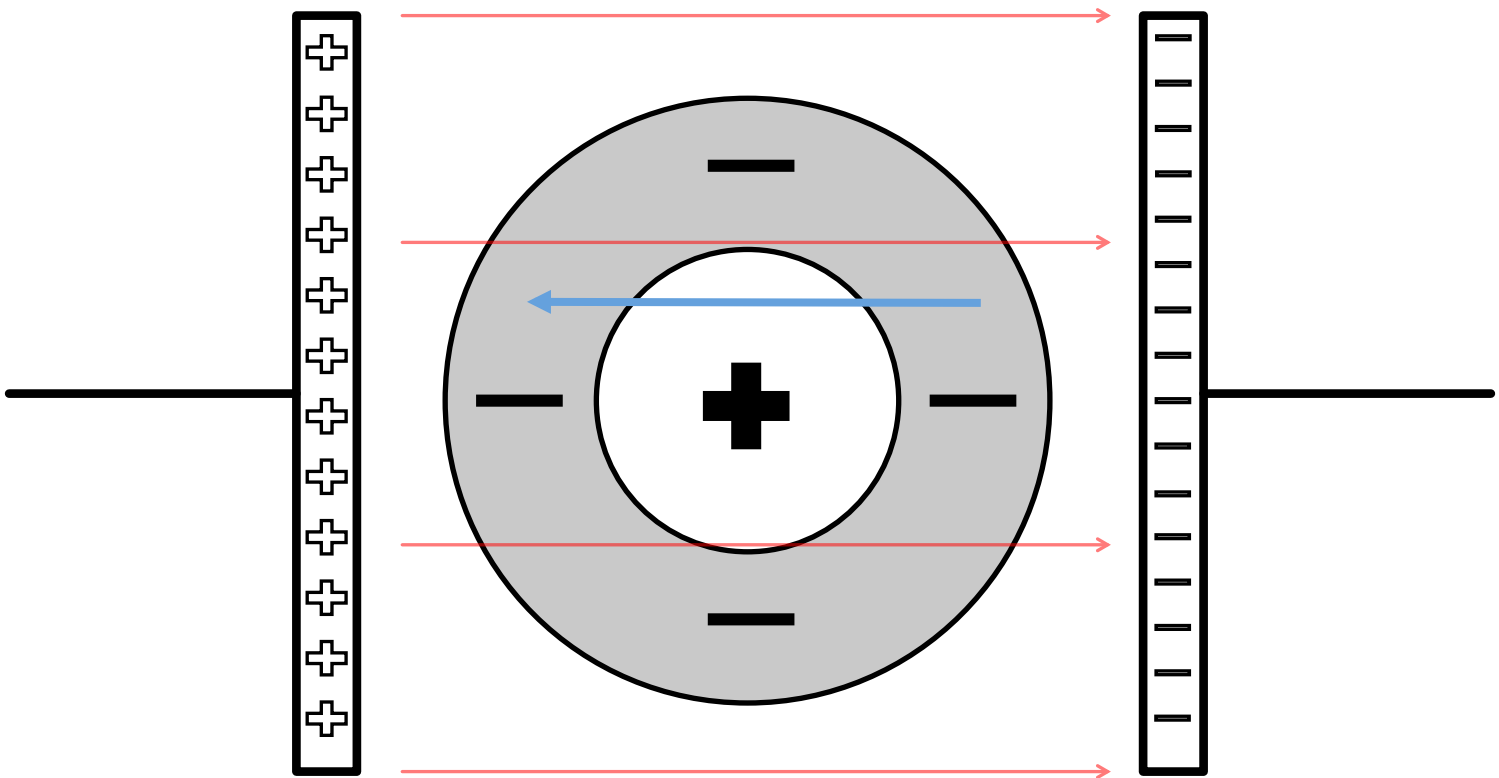
- Polarisationsverluste
- Leitfähigkeitsverluste

Orientierungspolarisation



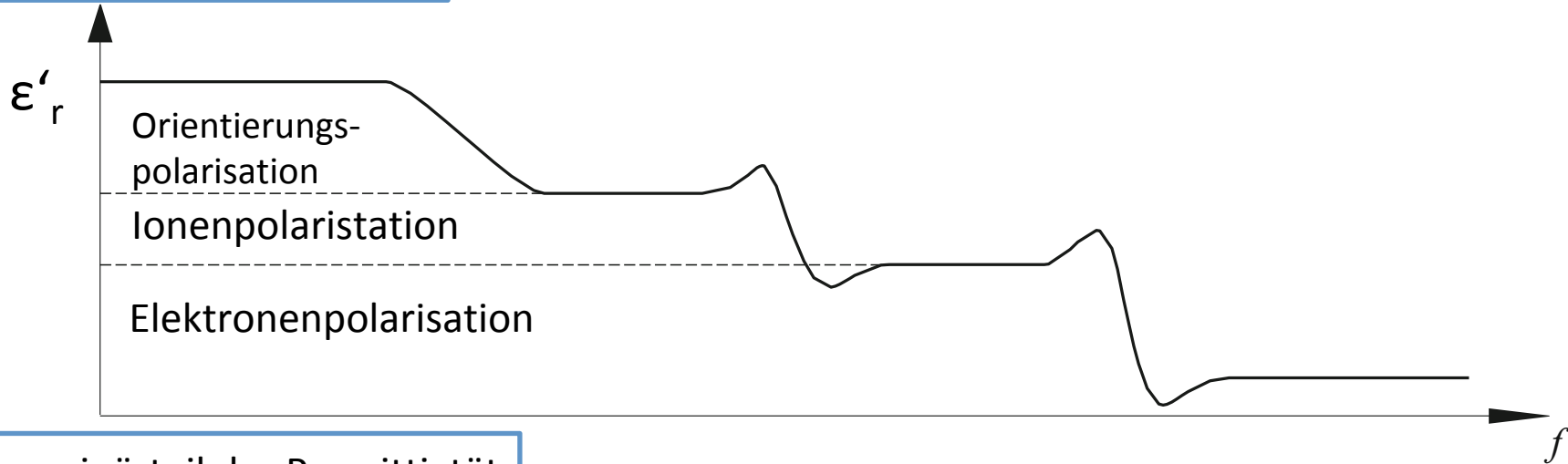
Ionenpolarisation



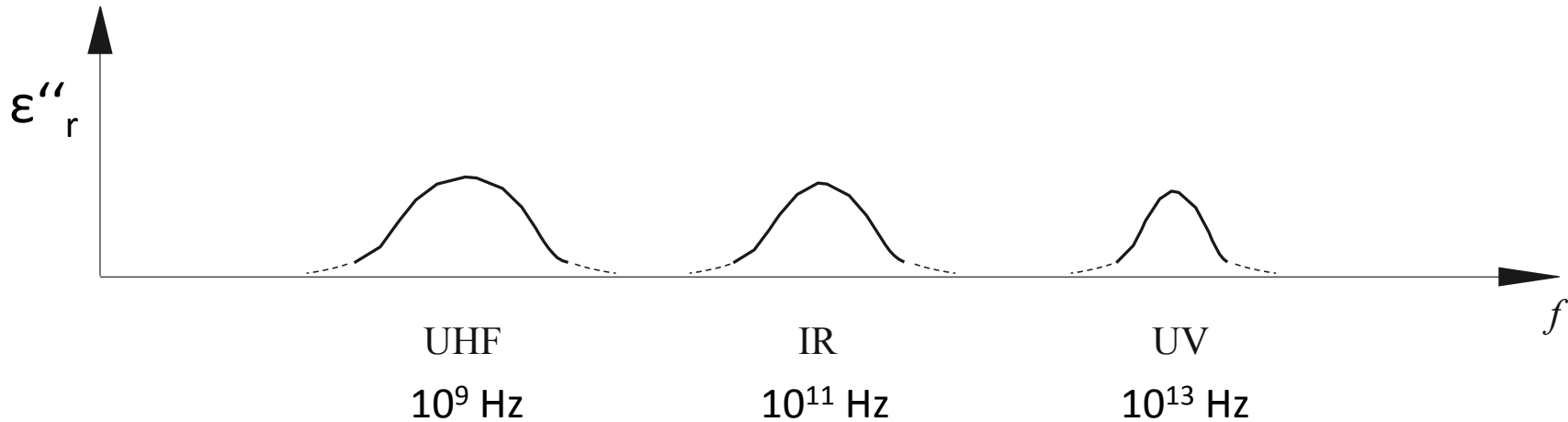


Frequenzabhängigkeit der Polarisierung und der Verluste

Realteil der Permittivität



Imaginärteil der Permittivität



Übersicht über Dielektrische Materialien

Material	Relative Permittivität
Vakuum	1
Luft	1,00059
Al ₂ O ₃ -Keramik	9,8
TiO ₂ -Keramik	85
Quarzglas	3,8
Bor-Silikat-Glas	4–6
Porzellan	4–8
Diamant (C)	5,6
Silizium (Si)	11,9
Papier	4–5,6
Polyvinylchlorid (PVC)	≈ 3
Polypropylen (PP)	2,2
Polystyrol (PS)	3
Polytetrafluoräthylen (PTFE)	2,1

Lösungsmittel	Relative Permittivität
n-Hexan	1.79
n-Heptan	1.95
Cyclohexan	2.02
Toluol	2.38
Diethylether	4.14
Dichlormethan	8.15
Aceton	15.85
Acetonitril	42.41
Ethanol	22.34
Methanol	29.37
Wasser	81.04

Quelle: W. Plaßmann, D. Schulz, Handbuch Elektrotechnik, 2013, 6. Auflage, Springer Vieweg.

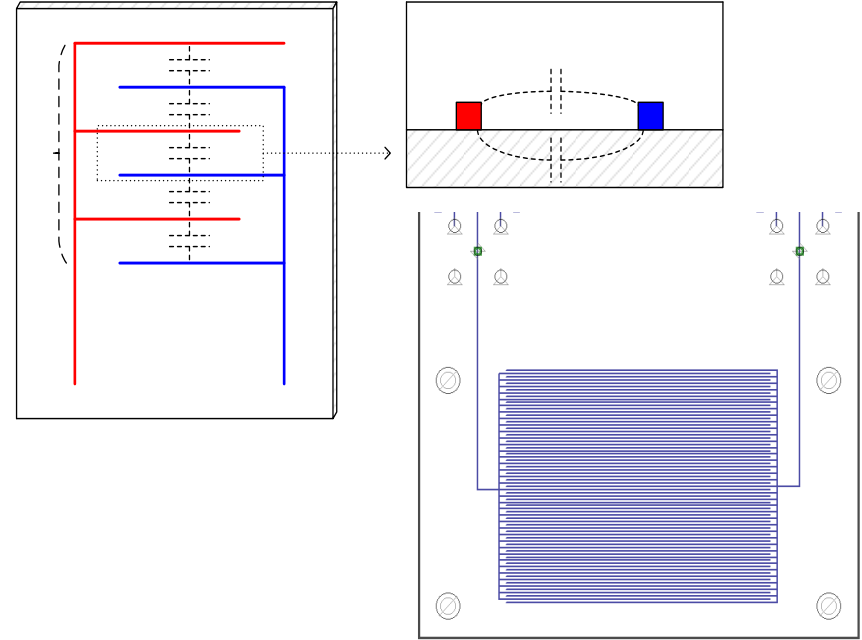
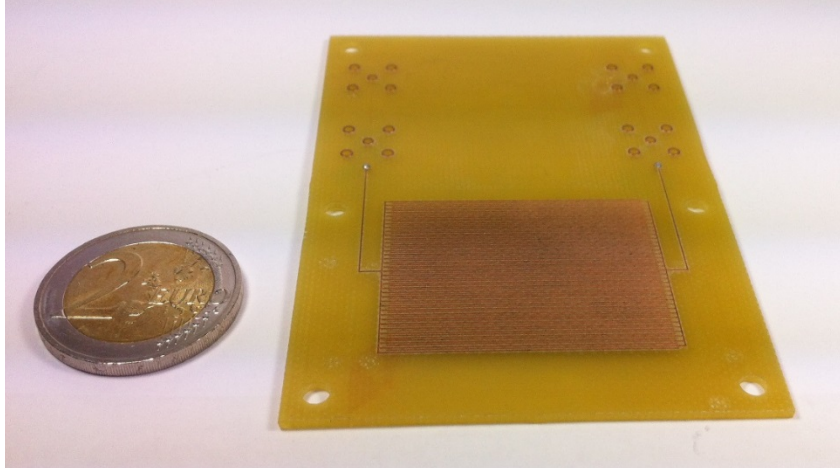
Relative Permittivität als Maß für die Polarität

Sensoren zur Messung der Permittivität

Änderung der Polarität während der Kraftstoffalterung

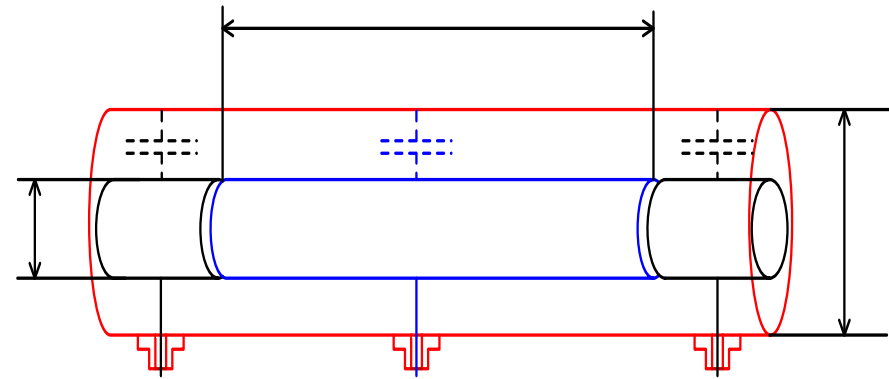
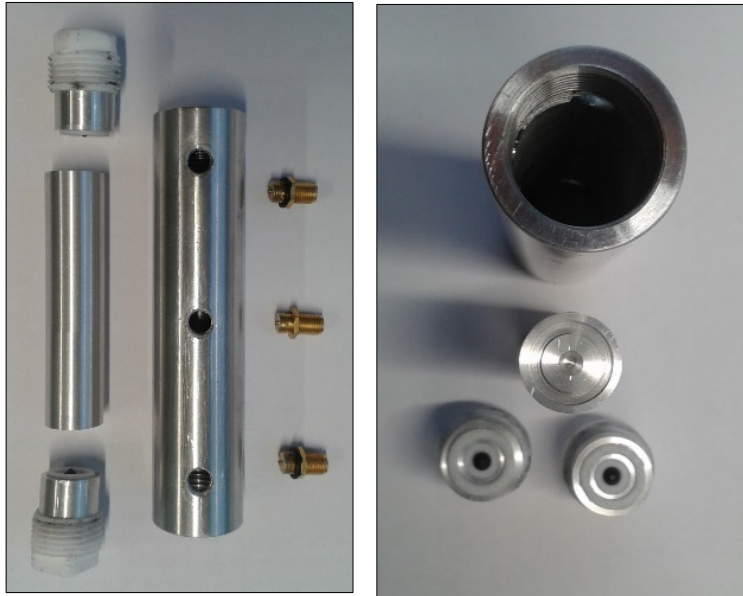
Zusammenfassung

Interdigitalkondensator



- Vorteile: Kostengünstig, leicht zu fertigen, schnell und einfach zu reinigen, geringes Probenvolumen erforderlich
- Nachteile: Kalibration erforderlich
- Herstellungskosten: ca. 10€ (Einzelfertigung des Prototyps)
- Messgenauigkeit: rel. Permittivität ca. $\pm 0,05$

Zylindersensor



- Vorteile: leicht zu fertigen, keine Kalibration notwendig, geringes Probenvolumen erforderlich
- Nachteil: höherer Reinigungsaufwand
- Herstellungskosten: ca. 60€ (Einzelfertigung des Prototyps)
- Messgenauigkeit: rel. Permittivität ca. $\pm 0,005$

Relative Permittivität als Maß für die Polarität

Sensoren zur Messung der Permittivität

Änderung der Polarität während der Kraftstoffalterung

Zusammenfassung

Polarität von Kraftstoffen

Kraftstoff	relative Permittivität
Premium Diesel	2.145
HVO	2.045
OME	4.089
RME	3.264
UCOME	3.271
PtX (Benzin)	1.961

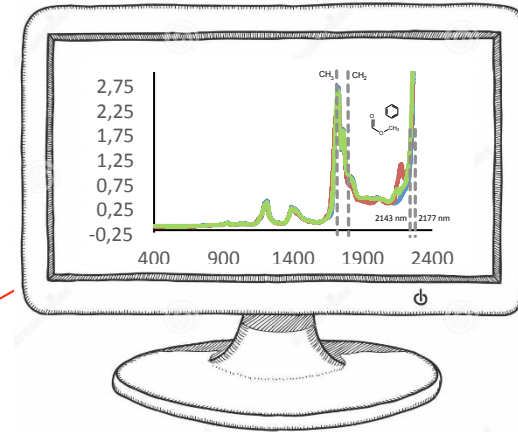
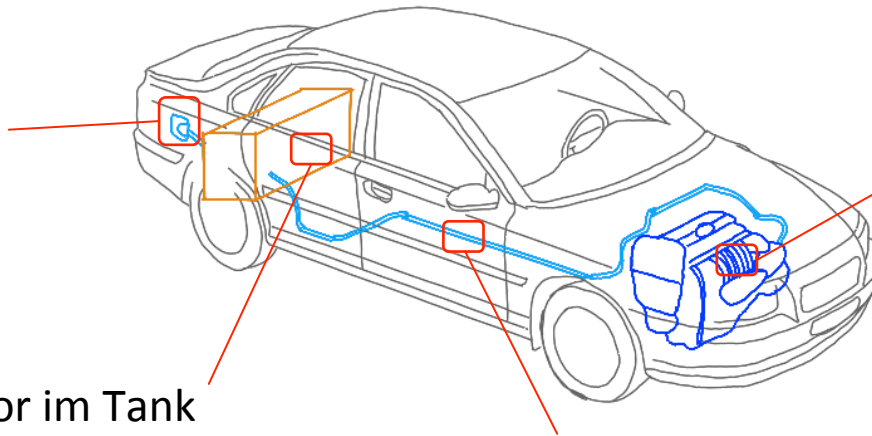
Anwendung der dielektrischen Relaxationsspektroskopie

Teil einer on-board Sensorik zur Erkennung der Kraftstoffqualität und des Alterungsgrades

Optischer Sensor im Tankstutzen

Interdigitalsensor im Tank

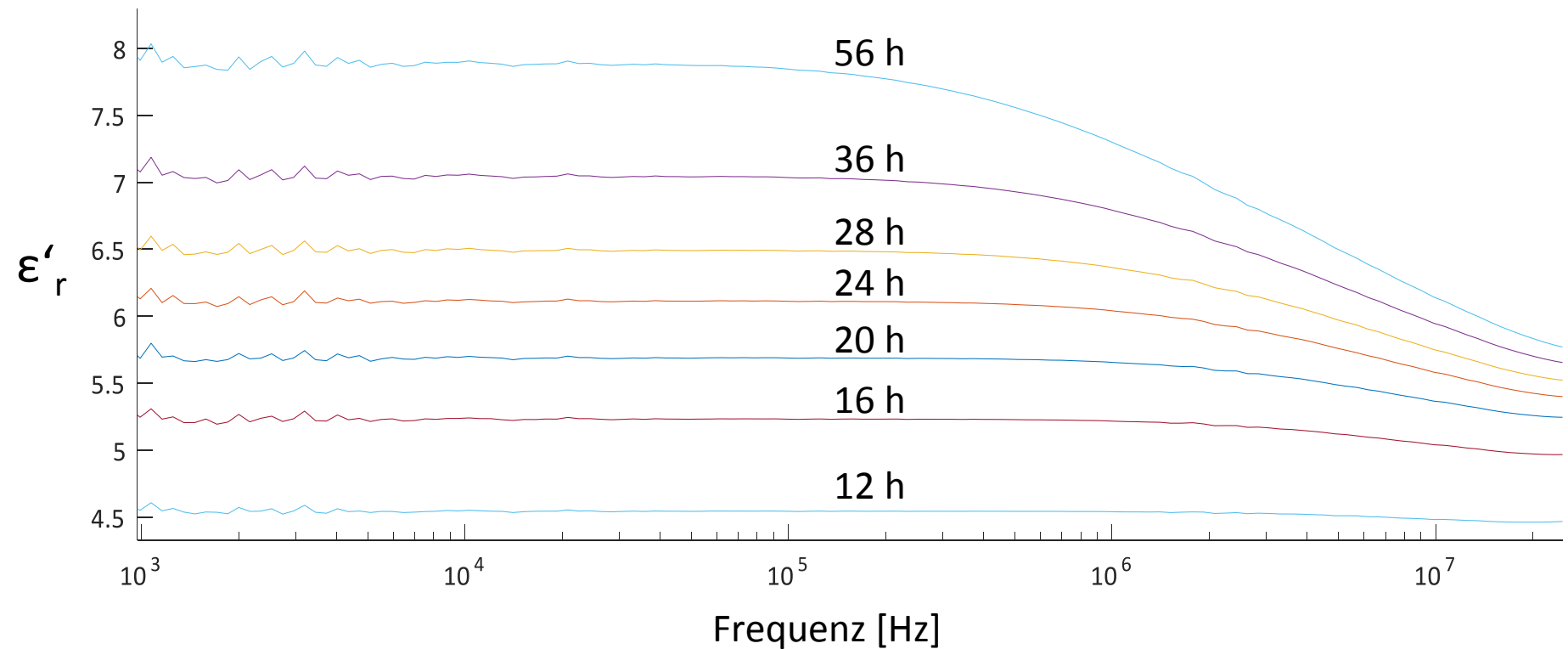
Optischer Sensor in der Kraftstoffleitung zum Motor



Anpassung des Motormanagements

Zunahme der relativen Permittivität durch Alterung

Rapsölmethylester RME:

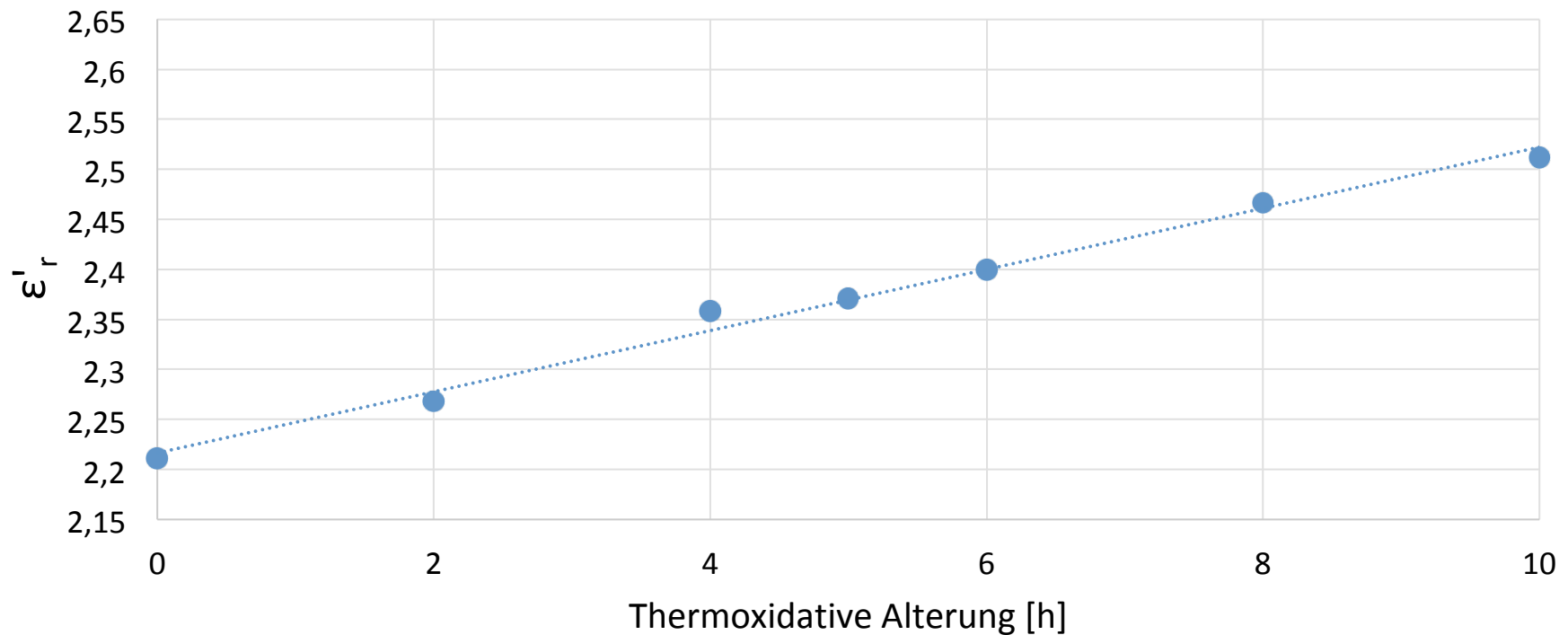


Thermoxidative Alterung im Rancimat (bei 110 °C und 10L/h Luftstrom)

Zunahme der relativen Permittivität durch Alterung

Diesel/RME-Blend B7:

Relative Permittivität bei 25 °C und 100 kHz

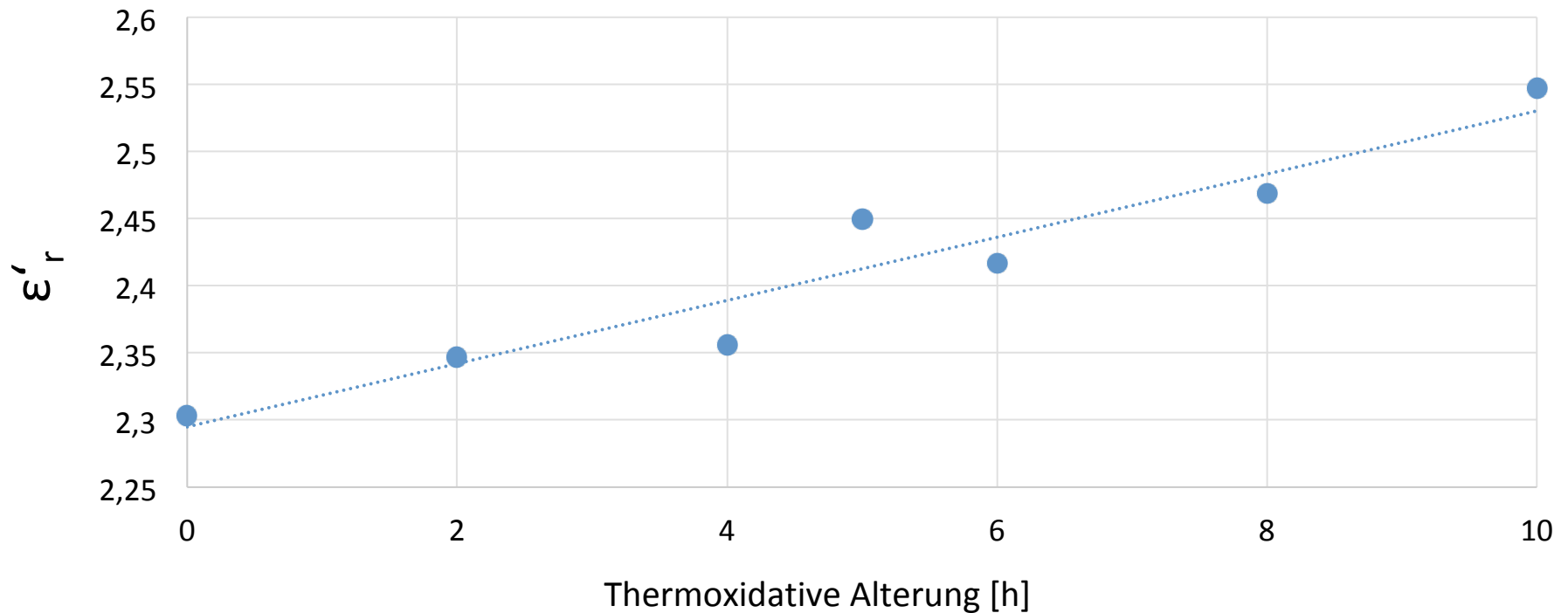


Thermostatische Alterung bei 110 °C und 10L/h Luftstrom

Zunahme der relativen Permittivität durch Alterung

Diesel/RME-Blend B20:

Relative Permittivität bei 25 °C und 100 kHz



Thermoxidative Alterung bei 110 °C und 10L/h Luftstrom

UCOME - Reproduzierbarkeit der Kraftstoffalterung

Thermooxidative Alterung [h]	0	2	4	6	8	24	48	72
ϵ_r	3.26	3.26	3.26	3.27	3.28	5.48	7.17	7.72

Proben	ϵ_r
1	5.79
2	5.92
3	5.82
4	5.77
5	5.81
6	5.80
7	5.94
8	5.80

Standardabweichung 1%

Proben	ϵ_r
1	7.74
2	7.70
3	7.74
4	7.79
5	7.57
6	7.80
7	7.69
8	7.64

Standardabweichung 1%

Relative Permittivität als Maß für die Polarität

Sensoren zur Messung der Permittivität

Änderung der Polarität während der Kraftstoffalterung

Zusammenfassung

- Die relative Permittivität als Maß für die Polarität von Kraftstoffen
- Die Polarität von Kraftstoffen beeinflusst die Mischbarkeit
- Kraftstoffe können anhand ihrer Polarität unterschieden werden
- Durch Alterung nimmt die Polarität der Kraftstoffe zu
- Wenn der Kraftstoff bekannt ist kann durch die Polarität der Alterungsgrad identifiziert werden

Wir danken der

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.

und dem

Bundesministerium für Bildung und Forschung

für die Förderung unseres Forschungsvorhabens.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Union zur Förderung von
Oel- und Proteinpflanzen e. V.

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Martin.Unglert@hs-coburg.de