

Wahrnehmungsschwellen von elektrischen Feldern

Science Brunch 34

der Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation zum Thema: Können elektrische Felder von Hochspannungsleitungen wahrgenommen werden?

21. September 2022 in Zürich

Dr. Michael Kursawe

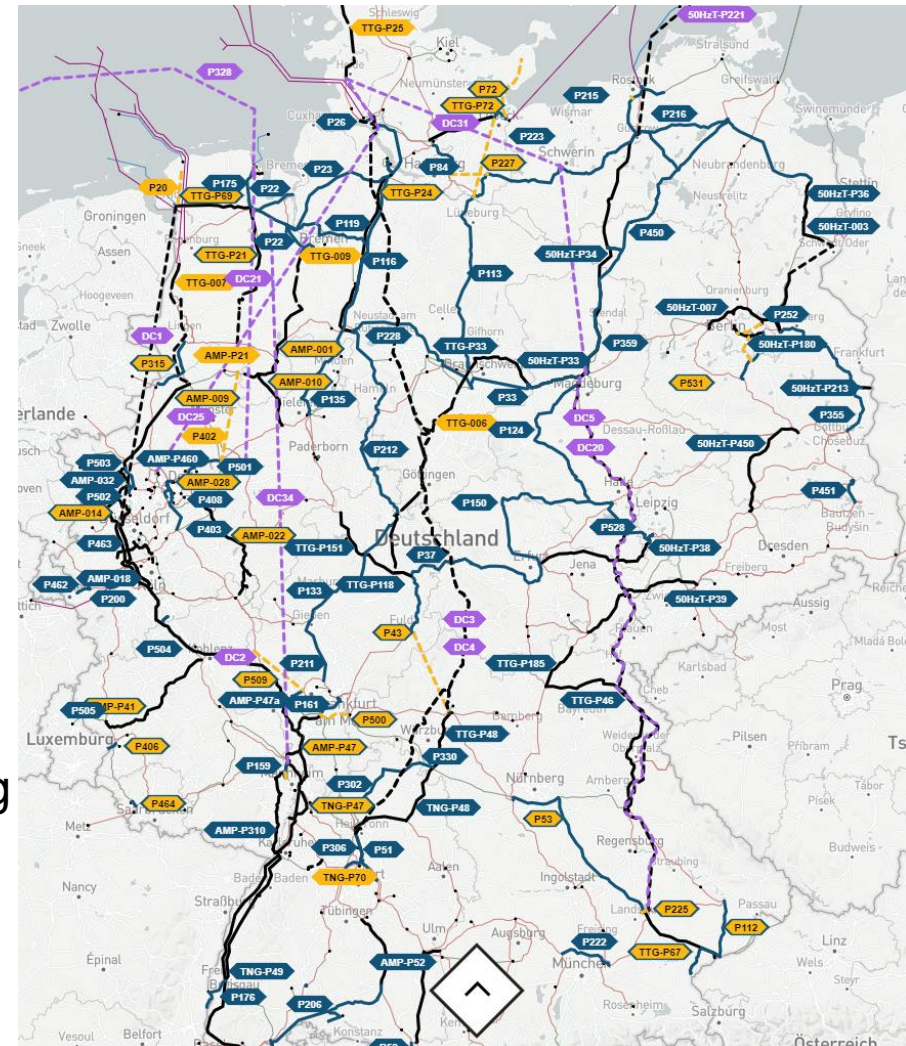
Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu)
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
Uniklinik RWTH Aachen University

Hintergrund

- Strombedarf in Deutschland steigt, Atom- und Kohleausstieg stehen bevor.
- Verteilungsproblem: Erzeugte Energie in der Nordsee muss in die Ballungszentren transportiert werden.

→ Netzentwicklungsplan Strom 2035 ¹

- Neben dem Ausbau bestehender Wechselstromverbindungen (AC) befinden sich Leitungen mit Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ; DC) im Bau. Diese werden vereinzelt mit AC-Leitungen kombiniert (Hybrid).



¹ www.netzentwicklungsplan.de

Hintergrund

- Zur Verhinderung gesundheitsschädlicher Effekte durch elektrische Felder (EF) existieren teilweise Grenzwerte:
 - AC: 5 Kilovolt pro Meter (kV/m) (ICNIRP) ²
 - DC: Keine Grenzwerte vorhanden
 - Hybrid: Keine Grenzwerte vorhanden
- Wahrnehmung EF und dadurch erzeugter Korona Ionen als wichtiger Faktor in direkter Umgebung von Übertragungsstrassen (Anwohner, Spaziergänger, beruflicher Kontext).



² International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guide- lines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys. 2010;99(6):818–36

Hintergrund

- Basierend auf bestehender Forschung ^{3,4} wurde ein Forschungslabor erbaut ⁵ um folgende Themen zu untersuchen:

1. Wahrnehmungsschwellen von elektrischen DC, AC und Hybrid-Feldern ⁶
2. Einfluss der AC ⁷ und DC ⁸ Komponente auf die Wahrnehmung elektrischer Hybrid-Felder
3. Einfluss Umgebungsfaktoren (rel. Luftfeuchtigkeit) auf die Wahrnehmung EF ^{5,6,8}
4. Beeinflussung der Wahrnehmung EF durch individuelle Faktoren (Haut, Haare...) ⁵⁻⁸

³ Blondin, J. *et al.* Human perception of electric fields and ion currents associated with high-voltage DC transmission lines. *Bioelectromagnetics* 17, 230–241 (1996)

⁴ Nguyen D. H., Maruvada P. S. An Exposure Chamber for Studies on Human Perception of DC Electric Fields and Ions. *IEEE Trans Power Deliv.* 1994;9(4):2037–45

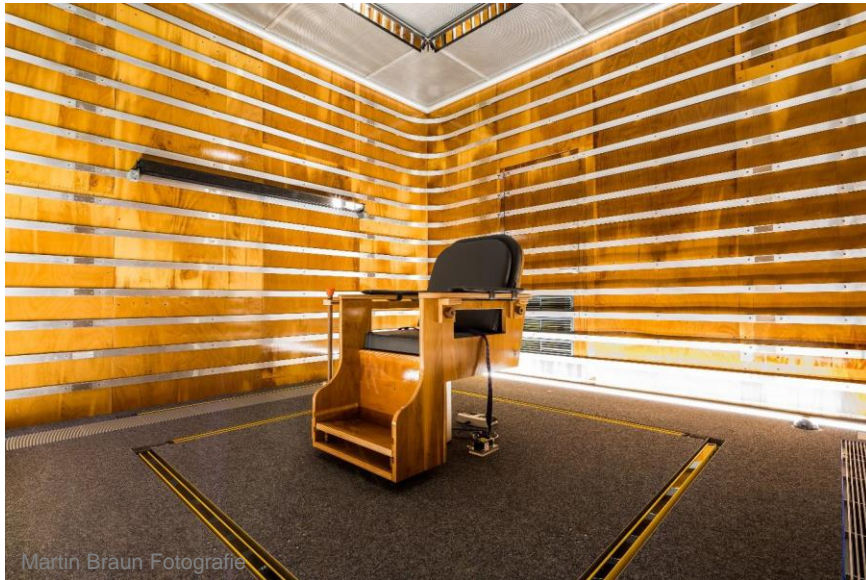
⁵ Jankowiak, K., Driessen, S., Kaifie, A., Kimpeler, S., Krampert, T., Kraus, T., ... Kursawe, M. (2021). Identification of Environmental and Experimental Factors Influencing Human Perception of DC and AC Electric Fields. *Bioelectromagnetics*, 42(5), 341–356

⁶ Kursawe, M., Stunder, D., Krampert, T., Kaifie, A., Drießen, S., Kraus, T., & Jankowiak, K. (2021). Human detection thresholds of DC, AC, and hybrid electric fields: a double-blind study. *Environmental Health*, 20(1), 92.

⁷ Jankowiak, K., Kaifie, A., Krampert, T., Kraus, T., & Kursawe, M. (2022). The role of the AC component in human perception of AC–DC hybrid electric fields. *Scientific Reports*, 12(1), 3391

⁸ aktuelles Projekt: Human perception thresholds and underlying mechanisms in static and low-frequency electric fields (funding: BfS; 3621SNA401)

Methode

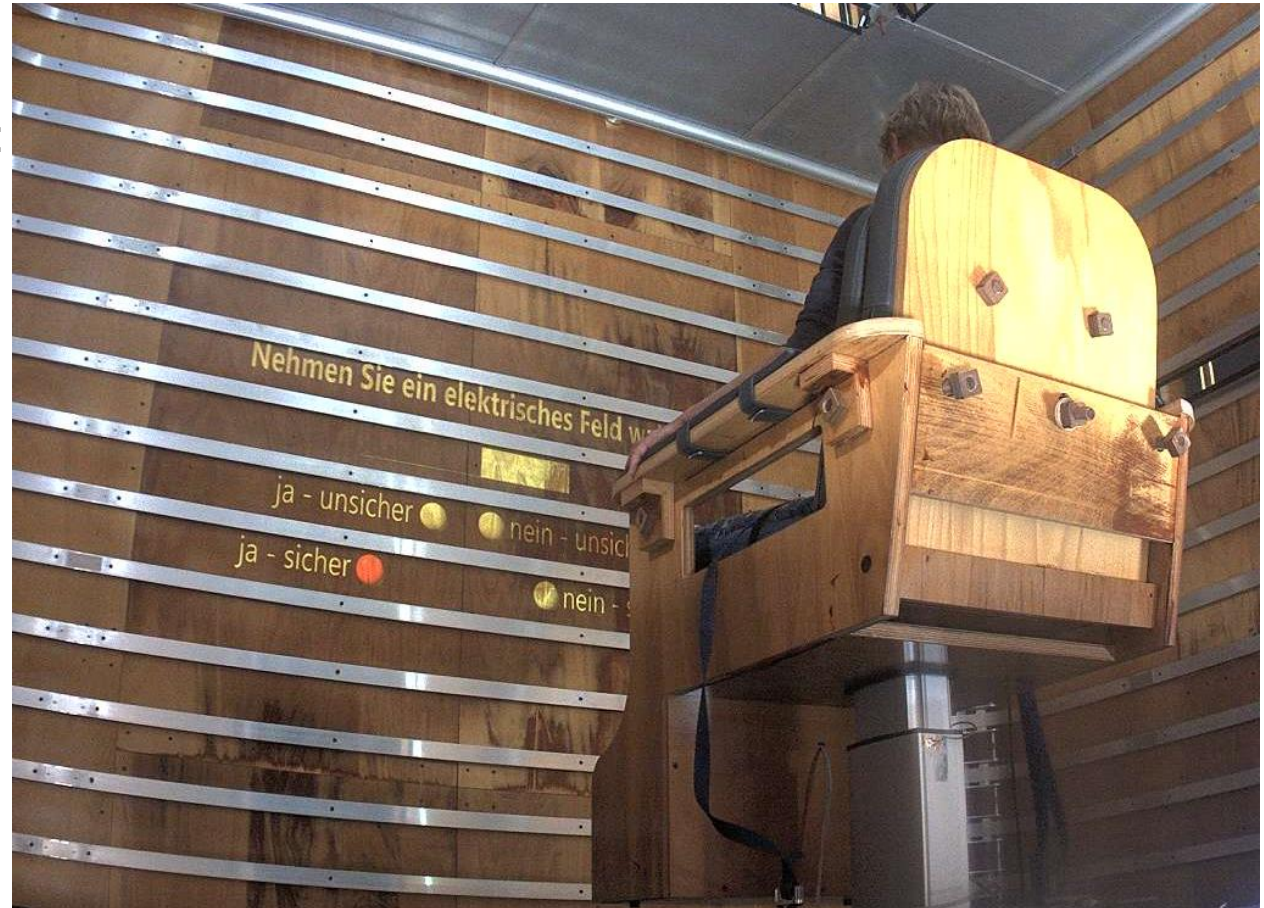


- Expositionslabor ⁵:
 - Ganzkörperexposition EF mit doppelblinder Versuchsanordnung
 - DC: 0–50 kV/m (Ionenstromdichte bis 460 nA/m²); AC: 0–30 kV/m; hybrid: 0–50 kV/m (Kombination AC und DC)
 - Relative Luftfeuchtigkeit anpassbar auf 30%, 50% oder 70%, Temperaturbereich 18–25 °C.
 - Umfangreiches Sicherheitskonzept (Lichtschranken, Kontaktschalter, Not-Aus)

⁵ Jankowiak, K., Driessen, S., Kaifje, A., Kimpeler, S., Krampert, T., Kraus, T., ... Kursawe, M. (2021). Identification of Environmental and Experimental Factors Influencing Human Perception of DC and AC Electric Fields. *Bioelectromagnetics*, 42(5), 341–356.

Methode

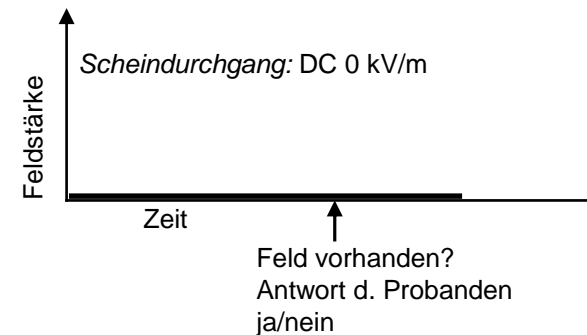
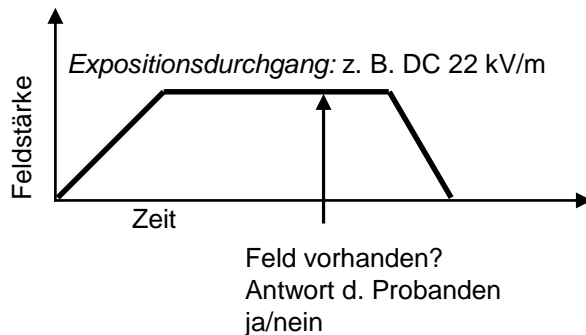
- Subjektive Empfindungen (u.a.):
 - Angenehmes Kribbeln
 - Leichtes Jucken
 - Gänsehaut
 - Leichte Vibration
 - Stechen
 - Kühlend



⁵ Jankowiak, K., Driessen, S., Kaiflie, A., Kimpeler, S., Krampert, T., Kraus, T., ... Kursawe, M. (2021). Identification of Environmental and Experimental Factors Influencing Human Perception of DC and AC Electric Fields. *Bioelectromagnetics*, 42(5), 341–356.

Methode

- SDT (Signalentdeckungstheorie)⁹: 50% Expositions-, 50% Scheindurchgänge



	Feld anwesend	Feld abwesend
Antwort: ja	hit	false alarm
Antwort: nein	miss	correct rejection

d'	Diskriminationsleistung
<1	keine
1-2	moderat
2-3	gut
>3	hervorragend

Sensitivität $d' = z(\text{hit}) - z(\text{false alarm})$

⁹ Green, D. M. & Swets, J. A. Signal Detection Theory and Psychophysics (Wiley, 1966).

1. Wahrnehmungsschwellen von elektrischen DC, AC und Hybrid-Feldern

- 203 Proband*innen wurden jeweils einen Tag untersucht (relative Luftfeuchtigkeit = 50%, 22 °C) ⁶.

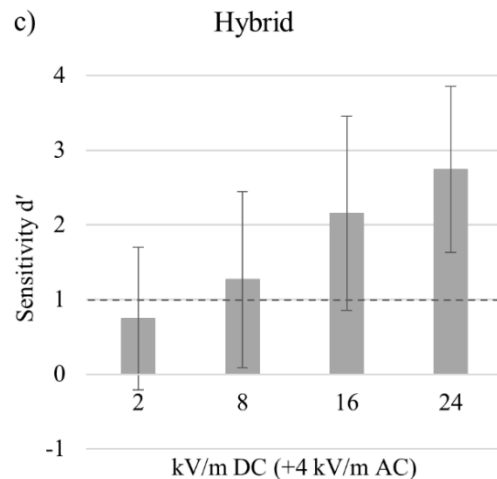
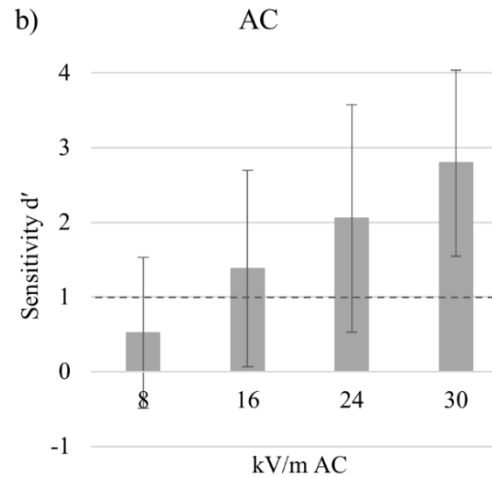
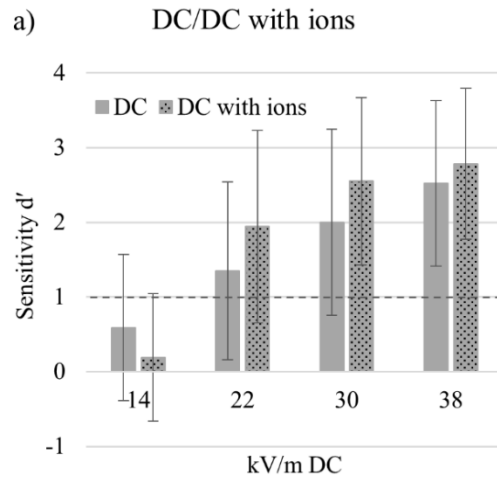
Altersgruppe	20 – 34 Jahre		35 – 49 Jahre		50 – 64 Jahre		65 – 79 Jahre	
Geschlecht	m	w	m	w	m	w	m	w
Ø Alter	25,44	24,96	41,84	42,83	57,39	54,84	70,16	70,16
(SD)	(3,39)	(3,33)	(4,96)	(4,45)	(4,53)	(4,17)	(3,73)	(3,73)
n	25	26	25	24	28	25	25	25

- Ausschlusskriterien (u. a.):

Elektrosensibilität; elektronische Implantate; nicht entfernbare Piercings; Haut-, neurologische-, psychische Erkrankungen; Diabetes; psychoaktive Arzneimittel; Klaustrophobie; Schwangerschaft.

⁶ Kursawe, M., Stunder, D., Krampert, T., Kaifie, A., Drießen, S., Kraus, T., & Jankowiak, K. (2021). Human detection thresholds of DC, AC, and hybrid electric fields: a double-blind study. *Environmental Health*, 20(1), 92.

1. Wahrnehmungsschwellen von elektrischen DC, AC und Hybrid-Feldern



d) Hybrid with ions

Detektionsschwellen

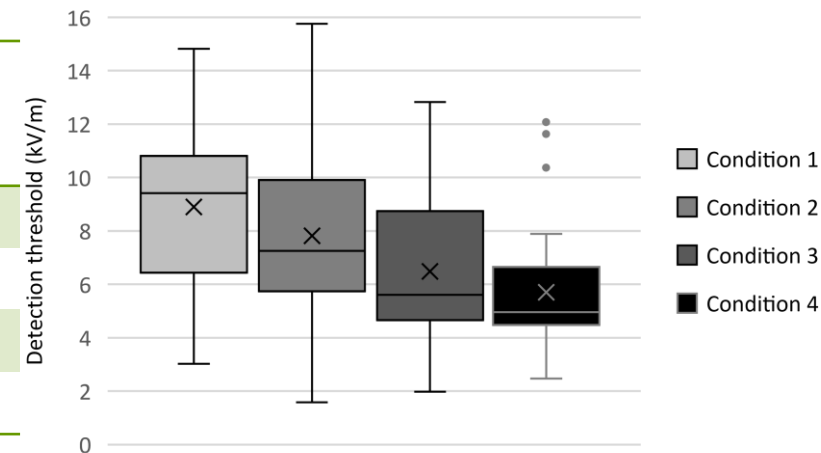
Method	DC	DC with ions	AC	Hybrid
SDT (kV/m)	18.69 (SD 8.42)	18.22 (SD 5.65)	14.16 (SD 7.96)	6.76 (SD 6.26) DC + 4 AC

⁶ Kursawe, M., Stunder, D., Krampert, T., Kaifie, A., Drießen, S., Kraus, T., & Jankowiak, K. (2021). Human detection thresholds of DC, AC, and hybrid electric fields: a double-blind study. *Environmental Health*, 20(1), 92.

2. Einfluss der AC und DC Komponente auf die Wahrnehmung elektrischer Hybrid-Felder

- 51 Proband*innen mit überdurchschnittlicher Wahrnehmungsleistung wurden erneut untersucht unter 50% rel. Luftfeuchtigkeit und 22 °C ⁷.
 - Kombinierte EF aus AC und DC wurde berechnet.

	AC EF strength (kV/m)	DC EF strength (kV/m)	Total EF strength (kV/m)
Condition 1	1	1, 2, 4, 8, or 16	1.41, 2.24, 4.12, 8.06, 16.03
Condition 2	2	1, 2, 4, 8, or 16	2.24, 2.83, 4.47, 8.25, 16.12
Condition 3	3	1, 2, 4, 8, or 16	3.16, 3.61, 5.00, 8.54, 16.28
Condition 4	4	1, 2, 4, 8, or 16	4.12, 4.47, 5.66, 8.94, 16.49



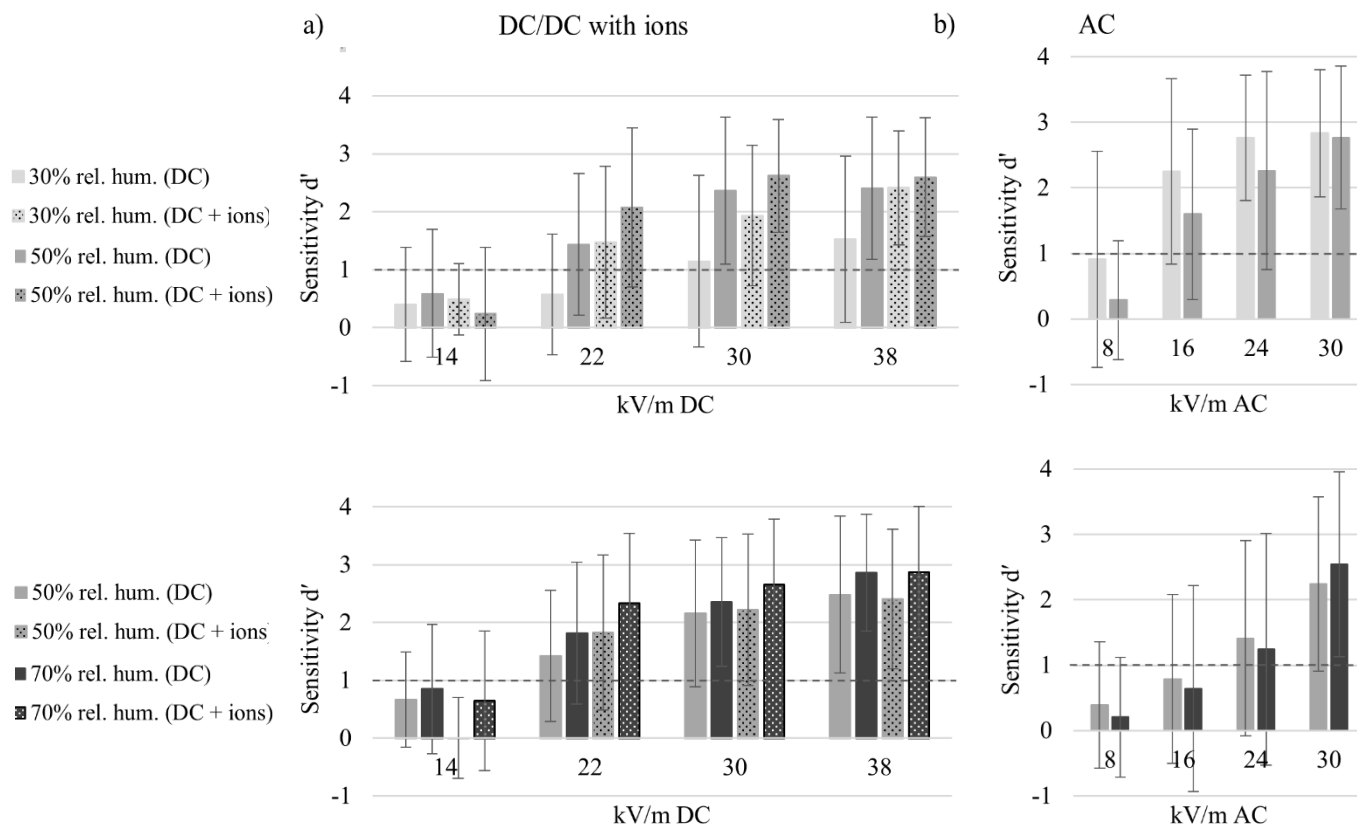
- Wahrnehmungsschwellen wurden geringer mit steigendem AC-Anteil.
- Aktuelles Projekt: Untersuchung des Einflusses der DC-Komponente auf die Wahrnehmung elektrischer Hybrid-Felder ⁸.

⁷ Jankowiak, K., Kaifie, A., Krampert, T., Kraus, T., & Kursawe, M. (2022). The role of the AC component in human perception of AC–DC hybrid electric fields. *Scientific Reports*, 12(1), 3391

⁸ aktuelles Projekt: Human perception thresholds and underlying mechanisms in static and low-frequency electric fields (funding: BfS; 3621SNA401)

3. Einfluss Umgebungsfaktoren (rel. Luftfeuchtigkeit) auf die Wahrnehmung elektrischer Felder

- Zwei Gruppen n = 24 (30% und 50% rel. Luftf.) und n = 25 (50% und 70% rel. Luftf.) wurden bei 22 °C untersucht ⁶.



⁶ Kursawe, M., Stunder, D., Krampert, T., Kaifie, A., Drießen, S., Kraus, T., & Jankowiak, K. (2021). Human detection thresholds of DC, AC, and hybrid electric fields: a double-blind study. *Environmental Health*, 20(1), 92.

4. Beeinflussung der Wahrnehmung elektrischer Felder durch individuelle Faktoren (Haut, Haare...)

- Kein Zusammenhang zwischen individueller Hautfeuchtigkeit und der Wahrnehmungsleistung elektrischer Felder ^{6,7}.
- Vibrotaktilen Empfinden (rechter Zeigefinger) bei 31 und 64 Hz korreliert mit der Wahrnehmungsleistung von AC und Hybrid-Feldern ⁶. Keine Replikation dieses Ergebnisses ⁷.
- Zusammenhang zwischen Haarcharakteristiken und Wahrnehmungsleistung elektrischer Felder konnte gezeigt werden ^{10–12}.
- Aktuelles Projekt: Detaillierte Vermessung der Haare bzw. Entfernung der Kopf- und Körperhaare ⁸.

⁶ Kursawe, M., Stunder, D., Krampert, T., Kaifie, A., Drießen, S., Kraus, T., & Jankowiak, K. (2021). Human detection thresholds of DC, AC, and hybrid electric fields: a double-blind study. *Environmental Health*, 20(1), 92.

⁷ Jankowiak, K., Kaifie, A., Krampert, T., Kraus, T., & Kursawe, M. (2022). The role of the AC component in human perception of AC–DC hybrid electric fields. *Scientific Reports*, 12(1), 3391

⁸ aktuelles Projekt: Human perception thresholds and underlying mechanisms in static and low-frequency electric fields (funding: BfS; 3621SNA401)

¹⁰ Kato M., Ohta S., Shimizu K., Tsuchida Y., Matsumoto G. Detection-threshold of 50-Hz electric fields by human subjects. *Bioelectromagnetics*. 1989;10(3):319–27.

¹¹ Odagiri-Shimizu H., Shimizu K. Experimental analysis of the human perception threshold of a DC electric field. *Med Biol Eng Comput*. 1999;37(6):727–32.

¹² Chapman CE, Blondin JP, Lapierre AM, Nguyen DH, Forget R, Plante M, et al. Perception of local DC and AC electric fields in humans. *Bioelectromagnetics*. 2005;26(5):357–66.

4. Beeinflussung der Wahrnehmung elektrischer Felder durch individuelle Faktoren (Haut, Haare...)

speed * 0.125 Hybrid (DC 20 kV/m; AC 10 kV/m)



Zusammenfassung

- Niedrigere Wahrnehmungsschwellen in elektrischen Hybrid-Feldern → Synergieeffekt von AC und DC auf die menschliche Wahrnehmung.
- Stärkere AC Komponente führt zu einer verringerten Schwelle in der Wahrnehmung von Hybrid-Feldern → Verstärkender Effekt von AC auf die Wahrnehmung von Hybrid-Feldern.
- Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeit interagiert mit Wahrnehmung verschiedener Feldarten:
 - Hohe relative Luftfeuchtigkeit → bessere Wahrnehmungsleistung in DC EF, geringere Wahrnehmungsleistung in AC EF.
 - Geringe relative Luftfeuchtigkeit → geringere Wahrnehmungsleistung in DC EF, bessere Wahrnehmungsleistung in AC EF.
- Individuelle Faktoren können Wahrnehmung beeinflussen → in aktuellen Projekten werden mögliche Effekte untersucht.



Grafik: www.wallsheaven.de

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: kursawe@femu.rwth-aachen.de



Kooperationspartner:



Förderung publizierter Projekte:



Förderung aktueller Projekte:



Forschungsstelle
für Elektropathologie