

EINFLUSS ELEKTROMAGNETISCHER FELDER AUF NUTZPFLANZEN

ZEIGEN SALATPFLANZEN BEI BESTRAHLUNG STRESS?



AUTOR (L): **DR. UWE GEIER**

Wissenschaftler und Vorstand am Forschungsring e.V.
geier@forschungsring.de

AUTOR (R.): **JULIAN MICHAEL KELLER**

wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschungsring e.V.



Unsere Umwelt ist einer ständig wachsenden Anzahl hochfrequenter elektromagnetischer Felder (EMF) ausgesetzt. Wesentliche Quellen sind die Mobilfunknetze, die ein immer engmaschigeres Netz knüpfen. Auf den Ausbau der Mobilfunktechnologie der vierten Generation (4G) folgte zuletzt eine großflächige Erweiterung der Funk-Bandbreite im Rahmen der fünften Generation (5G) (bis zu 40 GHz wurden bisher freigegeben). 5G wird die bestehenden Bandbreiten nicht ablösen, sondern erweitern. Dies bedeutet eine zusätzliche EMF-Belastung für die gesamte Umwelt. Die Auswirkungen von EMF besonders auf Pflanze sind jedoch wenig erforscht.

Was man bisher weiß

Seit dem Frühjahr 2020 führt der Forschungsring e.V. Versuche zu Einflüssen von EMF auf die Vitalität von Bäumen und Kulturpflanzen durch. Versuchspflanzen sind junge Lindenbäume in Töpfen und Salate. In mehreren anderen Studien unter Laborbedingungen wurde bereits festgestellt, dass elektromagnetische Felder negative Auswirkungen auf die Morphologie und das Wachstum von Pflanzen haben (Grémiaux et al. 2016; Shabrangi et al. 2016; Shabrangi et al. 2010; Selga e Selga 1996; Belyavskaya 2004; Scialabba e Tamburello 2002; Waldmann-Selsam et al. 2016). Neben den Veröffentlichungen über morphologische Auswirkungen gibt es auch Untersuchungen, die sich mit Wirkungen auf molekularer Ebene beschäftigt haben. Dabei wurden vor allem bekannte Stressgene gefunden, die verstärkt nach dem Kontakt mit elektromagnetischen Feldern auftraten (Beaubois et al. 2007; Vian et al. 2014; Vian et al. 2014; Roux et al. 2006, 2007; Tkalec et al. 2007).

Nach unserer Kenntnis wurden bisher keine Untersuchungen durchgeführt, die kontrolliert den Einfluss hochfrequenter Strahlung auf Pflanzen im Freiland geprüft haben. Deshalb scheint unser Versuchskonzept einzigartig zu sein.

Versuchsanlage

In einem Experiment auf dem Versuchsfeld des Forschungsring e.V. haben wir elektromagnetische Felder erzeugt, um auf diese Weise kontrolliert mögliche Effekte auf die Photosynthese-Effizienz von Pflanzen zu messen. Die EMF-Belastung – gemessen als Leistungsflussdichte – betrug $20.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ (Frequenzbereiche 1880 – 1900 MHz DECT; 2,4 und 5 GHz W-LAN) und wurde durch zwei W-LAN Router und zwei DECT-Telefone (jeweils Router als DECT-Basisstation zu DECT-Telefon) hervorgerufen. Die Leistungsflussdichte wurden mit einem Breitband-HF-Analyser gemessen.

Es wurden handelsübliche Geräte mit deaktivierten Energiesparoptionen (eco modus) im Dauerbetrieb im Nahbereich eingesetzt.

Im Jahr 2021 lag der Schwerpunkt der Untersuchungen auf Salat. Je Variante verwendeten wir zehn Pflanzen. Die zehn Versuchspflanzen wurden über einen Zeitraum von vier Wochen bestrahlt und phänomenologisch und biophysikalisch untersucht. Von August bis November wurden zwei Sätze Salat untersucht. Bei den Messungen lag der Fokus auf der Stress-/Vitalitäts-Analyse des photosynthetischen Komplexes. Die Messungen der Photosynthese-Effizienz erfolgten nachts – ein bis zwei Mal wöchentlich im Entwicklungszeitraum von etwa vier Wochen – an jeweils zwei markierten Salatblättern pro Pflanze. Die an die künstliche Befeldung angrenzenden zehn Kontrollpflanzen wurden mittels eines feinmaschigen Metallzaunes vom benachbarten elektromagnetischen Feld abgeschirmt und dienen als Referenz. Der Abstand zwischen den Kontrollpflanzen und den bestrahlten Pflanzen betrug in etwa 8 Meter – somit kann von identischen Umweltbedingungen ausgegangen werden.

Die Früherkennung von Pflanzenstress erfolgte mittels einer Chlorophyll-Fluoreszenz-Analyse durch ein Chlorophyll Fluorimeter (Pocket PEA) der Firma Hansatech. Die Chlorophyll-Fluoreszenz-Messungen liefern Informationen über den anfänglichen Pflanzenstress vor dem Auftreten erster sichtbarer Symptome. Anhand der Fluoreszenz-Messungen können Aussagen über die Beeinträchtigung der Pflanzen durch Stress getroffen werden (Grimme 2007; Kalaji et al. 2016). Die nur eine Sekunde andauernde – zerstörungsfreie – Messung gibt Information über viele phänomenologische und biophysikalischer Vorgänge des photosynthetischen Apparates.

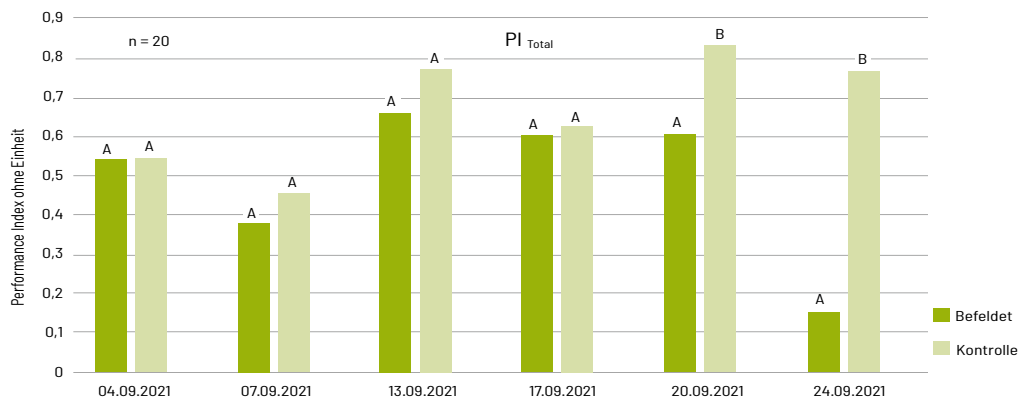
>>>



Fotos: Forschungsring e.V.

Ein W-LAN Router (unter dem schwarzen Kübel) und mehrere DECT-Telefone rufen das Elektromagnetische Feld im Versuch hervor.

ABB.: VERÄNDERUNG DER PHOTOSYNTHESE-AKTIVITÄT (PERFORMANCE-INDEX) IM ZEITVERLAUF



Der Performance-Index ist ein Parameter für die Leistungsfähigkeit der Photosynthese: hohe Werte gegen 1 sind günstig, niedrige - gegen Null - ungünstig. Verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede bei Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$, $n = 20$, im Mann-Whitney-Test (die y-Achse beschreibt den Performance-Index ohne Einheit)

Die Abbildung oben zeigt den sogenannten Performance-Index (PI_{total}) im Entwicklungszeitraum vom 04.09.2021 – 24.09.2021. Wir haben den Performance Index für diesen Artikel gewählt, da er als der aussagekräftigste Parameter für die Photosynthese-Leistungsfähigkeit und den Vitalitätszustand des Blattes gilt (Grimme 2007; Živčák et al. 2008). Er setzt sich aus verschiedenen Einzelparame-ter-Kombinationen zusammen und gibt Auskunft über die gesamte Funktionsfähigkeit des Photosynthese-Apparates. Wie in der Abbildung zu sehen, zeigt sich ab dem 20.09.21 ein signifikanter Unterschied der bestrahlten Pflanzen gegenüber den Kontrollpflanzen beim Performance Index. Auch in den Versuchen an den Linden im Vorjahr waren EMF-Effekte erst nach etwa drei Wochen erkennbar. Dies deutet auf eine – durch das elektromagnetische Feld hervorgerufene – verringerte Funktionsfähigkeit des Photosynthese-Apparats hin.

Auf Grundlage dieser Untersuchungen liegt die Schlussfolgerung nahe, dass Pflanzen bereits nach einer kurzen Befeldungsdauer von wenigen Wochen Stresssymptome zeigen. In der späteren Pflanzenentwicklung zeigten sich auch morphologische Unterschiede: Die mit EMF befeldeten Pflanzen gingen deutlich früher in die Blüte.

Ein für das Frühjahr geplanter Wiederholungsversuch soll die beobachteten Effekte überprüfen. In einer Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Darmstadt werden zurzeit weitere Experimente zum Verständnis der beobachteten EMF-Effekte auf biochemischer und genetischer Ebene durchgeführt. In neuen Versuchen in diesem Jahr möchten wir das Verhältnis von EMF und der Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate genauer untersuchen. Wir gehen davon aus, dass Fragen nach einem Schutz und einer Stärkung von Pflanzen gegenüber elektromagnetischen Feldern in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden. •

Quellen

Beaubois, É.; Girard, S.; Lallechere, S.; Davies, E.; Paladian, F.; Bonnet, P. et al. (2007): Intercellular communication in plants. Evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato. In: *Plant Cell Environ* n. 7, 30, pp. 834–844. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01669.

Belyavskaya, N. A. (2004): Biological effects due to weak magnetic field on plants. In: *Advances in Space Research* n. 7, 34, pp. 1566–1574. DOI: 10.1016/j.asr.2004.01.021.

Grimme, E. (2007): Abiotischer Stress in Weizenblättern: Reaktionen im Photosynthese-Apparat in Relation zum Stressmetabolismus. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen.

Grémiaux, A.; Girard, S.; Guérin, V.; Lother, J.; Baluška, F.; Davies, E. et al. (2016): Low-amplitude, high-frequency electromagnetic field exposure causes delayed and reduced growth in *Rosa hybrida*. In: *Journal of Plant Physiology* n. 4, 190, pp. 44–53. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.11.004.

Kalaji, H. M.; Jajoo, A.; Oukarroum, A.; Brestic, M.; Zivcak, M.; Samborska, I. A. et al. (2016): Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. In: *Acta Physiol Plant* n. 4, 38, p. 23. DOI: 10.1007/s11738-016-2113-y.

Roux, D.; Vian, A.; Girard, S.; Bonnet, P.; Paladian, F.; Davies, E.; Ledoigt, G. (2006): Electromagnetic fields (900 MHz) evoke consistent molecular responses in tomato plants. In: *Physiologia Plantarum* n. 2, 128, pp. 283–288. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00740.x.

Roux, D.; Vian, A.; Girard, S.; Bonnet, P.; Paladian, F.; Davies, E.; Ledoigt, G. (2007): High frequency (900MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field. A genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. *Planta*. 2008 Mar; 227(4):883-91. doi: 10.1007/s00425-007-0664-2

Scialabba, A.; Tamburello, C. (2002): Microwave effects on germination and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings. In: *Acta Botanica Gallica* n. 2, 149, pp. 113–123. DOI: 10.1080/12538078.2002.10515947.

Selga, T.; Selga, M. (1996): Response of *Pinus sylvestris* L. needles to electromagnetic fields. Cytological and ultrastructural aspects. In: *Science of The Total Environment* n. 1, 180, pp. 65–73. DOI: 10.1016/0048-9697(95)04921-5.

Shabrangi, A.; Hassanpour, H.; Majd, A.; Sheidai, M. (2016): Induction of genetic variation by electromagnetic fields in *Zea mays* L. and *Brassica napus* L. In: *Caryologia* n. 4, 68, pp. 272–279. DOI: 10.1080/00087114.2015.1109920.

Shabrangi, A.; Sheidai, M.; Majd, A.; Nabluni, M., & Dorrani, D. (2010): Cytogenetic abnormalities caused by extremely low frequency electromagnetic fields in canola. *Science Asia*, 36(4), 292.

Tkalec, M.; Malarić, K.; Pevalsek-Kozlina, B. (2007): Exposure to radiofrequency radiation induces oxidative stress in duckweed *Lemna minor* L. In: *Science of The Total Environment* n. 1-3, 388, pp. 78–89. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2007.07.052.

Vian, A.; Roux, D.; Girard, S.; Bonnet, P.; Paladian, F.; Davies, E.; Ledoigt, G. (2014): Microwave Irradiation Affects Gene Expression in Plants. In: *Plant Signaling & Behavior* n. 2, 1, pp. 67–69. DOI: 10.4161/psb.1.2.2434.

Vian, A.; Faure, C.; Girard, S.; Davies, E.; Hallé, F.; Bonnet, P. et al. (2014): Plants Respond to GSM-Like Radiations. In: *Plant Signaling & Behavior* n. 6, 2, pp. 522–524. DOI: 10.4161/psb.2.6.4657.

Waldmann-Selsam, C.; La Balmori-de Puente, A.; Breunig, H.; Balmori, A. (2016): Radiofrequency radiation injures trees around mobile phone base stations. In: *Science of The Total Environment* n. 12, 572, pp. 554–569. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.045.