

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

19. Jahrgang / Nr. 10

www.elektrosmogreport.de

Oktober 2013

## Pflanzenforschung

### Bedeutung des geomagnetischen Feldes beim Wachstum

**Am Beispiel des Kreuzblütlers Ackerschmalwand wurde gezeigt, dass unter Laborbedingungen im frühen Stadium des Wachstums keine signifikanten Unterschiede zwischen dem vorhandenen natürlichen und einem nicht vorhandenen statischen Magnetfeld zu sehen waren, während in der Phase der Blüten- und Fruchtbildung das fehlende Feld zu einer signifikanten Verzögerung der Blüten- und Samenbildung führte. Die Menge der Samen, und damit der Ernte, war um 22 bzw. 19 % verringert.**

Der Kreuzblütler Ackerschmalwand (*Arabidopsis*) ist ein anspruchsloses, schnell wachsendes Kraut, das häufig auf Magerflächen zu finden ist. Es ist ein oft benutztes Forschungsobjekt. Bekannt ist, dass Samen, die parallel zum Erdmagnetfeld eingesät wurden, schneller keimen und wachsen als quer eingesäte. Weitere Veränderungen in verschiedenen Pflanzen wurden nachgewiesen.

Die Pflanzensamen von *Arabidopsis thaliana* wurden in diesen Experimenten bei 16 Stunden Tageslicht und 8 Stunden Nacht aufgezogen; sie hatten 99 % Keimfähigkeit. Das lokale Erdmagnetfeld ist 45  $\mu\text{T}$  (Inklination 65 °, vertikal 40  $\mu\text{T}$ , Nord-Süd-Komponente 20  $\mu\text{T}$ , Ost-West 5  $\mu\text{T}$ ). Die entsprechenden Nullfelder wurden mit passenden abgeschirmten Helmholtz-Spulen erzeugt. Die Abweichung betrug nicht mehr als 50 nT. Die Experimente wurden von verschiedenen Forschern unabhängig durchgeführt und die Daten wurden erst nach Beendigung der Experimente ausgetauscht. Das Frischgewicht der Pflanzen wurde an den Tagen 7, 14, 21, 35 und 56 nach der Keimung bestimmt. Die Pflanzen wurden erst geerntet, nachdem sie die Blätter abgeworfen und die Samen freigegeben hatten. Nach der Ernte wurden die Pflanzen 2 Wochen getrocknet und die Anzahl der Schoten gezählt. Das Gesamtgewicht der Samen wurde für jede Pflanze einzeln bestimmt und der Ernte-Index ermittelt (Verhältnis von Samengewicht zu Gesamt-Biomasse). Vier unabhängige Tests mit 2-Tages-Intervallen wurden durchgeführt.

Während des vegetativen Stadiums gab es bei den Pflanzen kaum Unterschiede zwischen Null-Magnetfeld und Magnetfeld-Kontrolle. Jedoch hatten die Null-Feld-Pflanzen nach 35 Tagen 36 % weniger Biomasse als die Kontrollpflanzen. Spätere Wachstumsphasen zeigten in der Biomasse keine Unterschiede mehr. Beim Trockengewicht kamen auch ähnliche Werte heraus. In den 4 unabhängigen Tests gab es sowohl beim Null-Feld als auch den Kontrollen fast gleiche Ergebnisse. Als die Pflanzen in das Blühstadium übergingen, zeigte sich eine signifikante Hemmung des Wachstums beim Null-Feld, was zur Verzögerung der Blütenbildung um etwa 5 Tage in jedem der 4 Ansätze

führte. Die Anzahl der Schoten war um 22 %, das Samengewicht um 81 % vermindert und der Ernteindex war mit 20 % hochsignifikant vermindert in allen 4 Ansätzen. Das alles weist deutlich darauf hin, dass die Verminderungen auf das Fehlen des Erdmagnetfeldes zurückzuführen ist.

Frühere Forschungsarbeiten hatten gezeigt, dass kurzzeitig einwirkende Magnetfelder das Sprosswachstum von Weizen, Zuckerrüben und Gerste und das Wurzelwachstum von Weizen, Erbsen und Gerste verminderten, aber auch eine Steigerung des Längenwachstums des jungen Keimlings von Erbsen wurde gefunden. In dieser Studie wurde bei *Arabidopsis* eine Verzögerung am Übergang von der vegetativen Phase in die Blühphase gefunden, wenn kein Erdmagnetfeld vorhanden war. Die oberirdische Trockenmasse unterschied sich nicht signifikant zwischen Kontrolle und Null-Feld bei der Ernte. Das fehlende Magnetfeld hatte insgesamt nicht die Menge der Biomasse beeinträchtigt.

In den letzten Jahren wurde viel über die Mechanismen der Wirkung von Magnetfeldern auf lebende Systeme geforscht. Verschiedene Modelle wurden vorgeschlagen, die die Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern und Lebewesen erklären können. Eines davon ist die Radikalbildung, die häufig gefunden wurde, und die auf der Annahme basiert, dass Radikalpaare im Gewebe empfindlich auf externe Magnetfelder reagieren. Ein Angriffspunkt kann der so genannte Blaulicht-Rezeptor der Cryptochrome sein, der an der Wahrnehmung des Magnetfeldes (Magnetorezeption) bei Zugvögeln, *Drosophila* und *Arabidopsis* beteiligt ist. Die Ansicht, dass Cryptochrom als Magnetrezeptor für Blaulicht fungiert, setzt sich mehr und mehr durch. Cryptochrome wurden erstmals in *Arabidopsis* nachgewiesen (später auch bei Bakterien und anderen Lebewesen bis zu Säugetieren), und man konnte zeigen, dass sie eine wichtige Rolle bei der Blütenbildung unter Beteiligung von Blaulicht spielen. Bei anderen Lebewesen, vom Bakterium bis zum Säugetier, scheinen Cryptochrome die Moleküle zu sein, die das Magnetfeld wahrnehmen und zur Orientierung dienen, d. h. dem Gehirn den Orientierungssinn geben. Vögel können mit ihrem Magnet Sinn das Erdmagnetfeld wahrnehmen und ihre Zugrichtung bestimmen. Auch der Tag-Nacht-Rhythmus wird über Cryptochrome gesteuert.

## Weitere Themen

### Neurodegenerative Erkrankungen und MF, S. 2

Eine Studie ergab, dass Magnetfelder nicht generell das Risiko für neurodegenerative Erkrankungen erhöhen, aber für Alzheimer bei Personen, die älter als 75 Jahre sind.

### Abtöten von Krebszellen mit nsPEFs, S. 3

Elektrische Pulse hoher Feldstärke können in Leberkrebszellen den programmierten Zelltod (Apoptose) einleiten, was ein therapeutisches Potenzial darstellt.

Die Auswertung dieser Studie ergab, dass das Entfernen des lokalen Erdmagnetfeldes die Blütenbildung bei Arabidopsis zeitlich verschiebt. Die Forscher nehmen an, dass die Verzögerung in der Blütenbildung eine Folge der Funktionsbeeinträchtigung des Cryptochroms ist, bedingt durch reduzierte magnetische Signaltransduktion, die für ein optimales Wachstum der Arabidopsis-Pflanze nötig ist. Diese Zusammenhänge kann nur weitere Forschung klären. Zudem wurde festgestellt, dass Ertrag und Ernteindex von Arabidopsis-Pflanzen im Null-Feld reduziert waren, aber die Biomasse am Ende nicht geringer war als bei den Kontrollpflanzen. Weitere Forschung sollte klären, ob Cryptochrom an der Verminderung der Samenproduktion durch das fehlende Magnetfeld beteiligt ist. Zusammengefasst heißt das: Das Null-Magnetfeld verzögerte die Biomasse-Bildung am Übergang vom vegetativen in das reproduktive Stadium bei Arabidopsis, im früheren oder späterem Wachstumsstadium gab es keine Beeinflussung im Null-Feld. Das verzögerte Blühen steht in Verbindung mit Reduktion von Schotenbildung, Samenproduktion und Ernteindex.

**Quelle:** Xu C, Wei S, Lu Y, Zhang Y, Chen C, Song T (2013): Removal of the Local Geomagnetic Field Affects Reproductive Growth in Arabidopsis. *Bioelectromagnetics* 34, 437–442

## Epidemiologie

# Neurodegenerative Erkrankungen durch niederfrequente EMF

**Diese Fall-Kontroll-Studie untersuchte den möglichen Zusammenhang zwischen Hochspannungsleitungen und neurodegenerativen Erkrankungen, vor allem bei der Alzheimer-Krankheit. Die Untersuchung ergab keinen Zusammenhang für Demenzformen, Parkinsonsche Krankheit, Multiple Sklerose und Motoneuron-Erkrankungen (z. B. ALS, Polio). Bei der Alzheimer-Krankheit gab es insgesamt auch keine erhöhten Fälle innerhalb der 50-m-Zone einer Hochspannungsleitung, auch keinen Anstieg mit steigender Dauer des Wohnens dort, aber es gab einen schwachen Zusammenhang bei Menschen, die älter als 75 Jahre sind.**

Eine frühere Studie in der Schweiz hatte ergeben, dass bei Menschen, die innerhalb von 50 m von einer Hochspannungsleitung entfernt erhöhte Fälle von der Alzheimer-Krankheit auftreten. Das Risiko war besonders hoch, wenn die Personen mindestens 15 Jahre dort wohnen. Die neue Studie schloss alle degenerativen Erkrankungen der erwachsenen Bevölkerung in Dänemark (ca. 5,5 Mio.) zwischen 1994 und 2010 ein. Es wurden alle über 20 Jahre alten Personen einbezogen, die 5–20 Jahre vor der Diagnose in der Nähe einer Hochspannungsleitung gewohnt haben. Für jeden Fall wurden 6 Kontrollpersonen herangezogen. Die Fälle waren gebildeter und lebten häufiger in Mehrfamilienhäusern in städtischen Gebieten als die Kontrollen. Personen, die 75 Jahre alt und wohnen innerhalb von 50 m entfernt von einer Hochspannungsleitung zeigt einen signifikanten Zusammenhang, wenn man die Fälle mit der Diagnose in 2003 und später separat betrachtet. Auch andere Untergruppen zeigten leicht erhöhte Risiken.

Gegenüber der Schweizer Studie aus 2009 gibt es in verschiedener Hinsicht Verbesserungen. Bis zu 20 Jahre der Exposition vor der Diagnose konnten nachvollzogen werden, die Verlässlichkeit der Diagnose bei Alzheimer war gut, bei 81 % der diagnostizierten Fälle handelte es sich wirklich um diese Krankheit. Einschränkungen der Studie sind u. a. mögliche

falsche Expositionseinstufung, da die Entfernung eine grobe Abschätzung ist, und es wurden keine beruflichen Belastungen berücksichtigt.

Bisher wurden nur in der Schweizer Studie Haushalte auf den Zusammenhang zwischen Neurodegenerativen Erkrankungen und Hochspannungsleitungen untersucht, alle anderen untersuchten ein berufliches Umfeld mit höheren Feldern. Da fand man erhöhte Risiken für die Alzheimer-Krankheit, es gab keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen. In der Schweizer Studie wurde ein erhöhtes Alzheimer-Risiko ermittelt für Personen, die mindestens 15 Jahre innerhalb vom 50-m-Umkreis einer 220- oder 380-kV-Hochspannungsleitung wohnen, was auf eine kumulative Wirkung hindeutet. In der hier vorliegenden Studie wurde ein solcher Zusammenhang nicht gefunden bei Personen, die mindestens 10 Jahre so wohnten.

Die Autoren meinen, dass man das Ergebnis, ein erhöhtes Risiko für die Untergruppe „Alzheimer-Krankheit bei Personen über 75 Jahre“ mit Vorsicht betrachten muss, da insgesamt kein erhöhtes Risiko für alle neurodegenerativen Erkrankungen gefunden wurde und die hohe Qualität der Studie nur geringe Hinweise auf erhöhte neurodegenerative Erkrankungen nah an einer Hochspannungsleitung ergab. Wenn diese Beobachtung einen ursächlichen Zusammenhang bedeutet, könnte man 5 Alzheimer-Fälle in dieser Studie mit niederfrequenten Feldern in Zusammenhang bringen.

**Quelle:** Frei P, Harbo Poulsen A, Mezei G, Pedersen C, Cronberg Salem L, Johansen C, Rössli M, Schüz J (2013): Residential Distance to High-voltage Power Lines and Risk of Neurodegenerative Diseases: a Danish Population-based Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology* 77 (9), 970–978

## Zell-, Krebsforschung

# Irreversible Schädigung von Krebszellen durch Nano-Pulse

**Das Ziel dieser Studie war festzustellen, welche Wirkung elektrische Pulse von Nanosekunden (nsPEFs) auf menschliche Leberkrebszellen haben. Dafür wurden die Zellen mit elektrischen Pulsen hoher Feldstärken (10 kV/cm, Frequenz 1 Hz, Dauer bis 500 ns) behandelt. Nach 20 s Behandlung setzt die Apoptose ein, die Calcium<sup>2+</sup>-Ionenkonzentration steigt in den Zellen an und es kommt zu einer drastischen Abnahme des Membranpotenzials der Mitochondrien. Diese Behandlung zeigt, dass nsPEFs Krebszellen irreversibel schädigen können. Man kann diese Wirkung zur Krebsbehandlung nutzen ohne auf Medikamente zurückgreifen zu müssen, wenn die Methode optimiert wird.**

Lange elektrische Pulse ( $\mu$ - oder ms) niedriger Feldstärke ( $< 1$  kV/cm) werden seit den 1980er Jahren eingesetzt zur Einschleusung von Medikamenten oder DNA in Krebszellen, um diese zu vernichten. In den letzten Jahren wurden die Methoden weiterentwickelt, um die Nebenwirkungen von Medikamenten gegen Krebs zu verringern, mit vielversprechenden Ergebnissen in vitro und in vivo. Die Wirkung der Pulse ist abhängig von Frequenz, Feldstärke und Dauer. Pulse von hoher Feldstärke und kurzer Dauer haben den Vorteil, dass sie kaum Erwärmung des Gewebes hervorrufen und die Fähigkeit haben, hohe Potenziale durch die Membranen hindurch in den Zellorganellen (z. B. den Mitochondrien) zu erzeugen. Nanosekunden mit Feldstärken von 10–1000 kV/cm können die Apoptose (den programmierten Zelltod) in Krebszellen einleiten und den Blutfluss ohne Erhitzung unterbrechen. Daher kann eine Tumorerstör-