

ULTRASCHALL IN DER LANDWIRTSCHAFT^{*)}

Wissenschaft und Praxis haben sich in den letzten Dezennien in zunehmendem Maße damit befaßt, die Wirkung des Ultraschalls auf den verschiedensten Gebieten der Technik und der Medizin nutzbar zu machen. Auch in die biologische Forschung hat der Ultraschall zunehmend Eingang gefunden. Eine umfassende Übersicht über seine Anwendung findet sich bei BERGMANN (1). Entgegen den sensationellen Meldungen in der Presse, die von sehr großen Erfolgen bei der Verwendung des Ultraschalls in der Landwirtschaft zu berichten wußten, wird es Aufgabe der Forschung sein, diese Ergebnisse kritisch auf ihre Verwendbarkeit zu überprüfen.

Ultraschall

Schallwellen sind mechanische Schwingungen mit dem Charakteristikum schwingender Mediumteilchen von periodisch schwankender Schnelle und Beschleunigung und demzufolge periodisch schwankendem Druck. Während das Spektrum des hörbaren Schalls Frequenzen zwischen etwa 16 Hz und 20 kHz (1 Hz = 1 Schwingung pro Sekunde, 1 kHz = 1000 Hz) umfaßt, beginnt das Ultraschallgebiet bei 20 kHz und reicht theoretisch bis zu beliebig hohen Schwingungszahlen. Technisch erreicht man heute Frequenzen bis zu 10^9 Hz mit Intensitäten bis zu 20 Watt/cm². Die Intensität ist dabei zu definieren als die Energie (in Watt sec.), die pro Zeiteinheit (1 sec.) durch eine zur Ausbreitungsrichtung senkrechte Flächeneinheit (1 cm²) hindurchtritt. Als Größenvergleich diene die Angabe, daß der Lärm eines Preßluftbohrers eine Schallintensität von etwa 10^{-7} W/cm² erreicht, also etwa den hundertmillionsten Teil des oben angegebenen Wertes.

Ultraschallgeneratoren

Die heute serienmäßig gebauten Ultraschallgeneratoren erzeugen in der Mehrzahl zunächst mit Hilfe einer Oszillatorschaltung elektromagnetische Schwingungen. Diese werden dann im Schallgeber in mechanische Schwingungen gleicher Frequenz umgesetzt. Zwei Typen von Schallgebern haben sich durchgesetzt: Der magnetostriktive und der piezoelektrische Schwinger. Bei ersterem geht man davon aus, daß sich Stäbe aus bestimmten Legierungen im magnetischen Wechselfeld periodisch ausdehnen und zusammenziehen. Der letztere beruht auf dem reziproken piezoelektrischen Effekt, demzufolge ein elektrisches Wechselfeld in bestimmten Kristallen (hier Quarz) unter besonderen Bedingungen mechanische Schwingungen hervorruft. Bei den weiter unten beschriebenen Versuchen wurden die nachfolgend abgebildeten Geräte verwendet (Bild 1).

^{*)} Eine Veröffentlichung über dieses Thema wird als Dissertation von J. v. d. Straten erscheinen.

Die Wirkung des Ultraschalls und seine Anwendung

Im Ultraschallfeld treten eine Reihe von Wirkungen auf, die zu Anwendungen in Technik und Medizin geführt haben. Erwähnt sei ein Beispiel aus der Nahrungsmittelindustrie. Hier ist neuerdings ein Verfahren zur Homogenisierung von Milch und Schokoladenmassen entwickelt worden, das großtechnische Anwendung findet.

Über die Verwendung des Ultraschalls in der Landwirtschaft berichten erstmals russische Wissenschaftler (2), (5). Sie wollen nach Behandlung verschiedenen Saatgutes Entwicklungsförderungen und Ertragssteigerungen erreicht haben. Seit dieser Zeit bemühen sich Forscher aus aller Welt, die Frage zu klären, ob der Ultraschall für die Landwirtschaft tatsächlich von Nutzen sein kann. Trotz zahlreicher Untersuchungen ist es bisher allerdings nicht gelungen, diese Befunde zu bestätigen. Wohl ist, wie unter anderem auch eigene Untersuchungen in den letzten Jahren gezeigt haben, auf die von uns bereits früher hingewiesen worden ist (3), in Abhängigkeit von der Beschallungsdauer, der Intensität und der Frequenz eine Hemmung oder Stimulation der Samenkeimung, die teilweise auch die ersten Phasen des Wachstums umfaßt, zu erzielen. Die Wirkung läßt aber schnell nach, so daß kein nachhaltiger Einfluß auf die Endstadien der Entwicklung und die Erträge beobachtet wird.

Die Hemmung der Keimung wird durch Ultraschall sehr hoher Dosierung verursacht. Sie beruht im wesentlichen auf Schädigungen mechanischer Art wie Plasmavakuolisierung, Plasmolyse, Zerreißen der Kernmembran, Deformierung der Kerne u. a. Bei diesbezüglichen Arbeiten bestätigte sich eine Beobachtung, die allgemein gemacht wurde, daß vorgequollene Samen auf Ultraschall empfind-

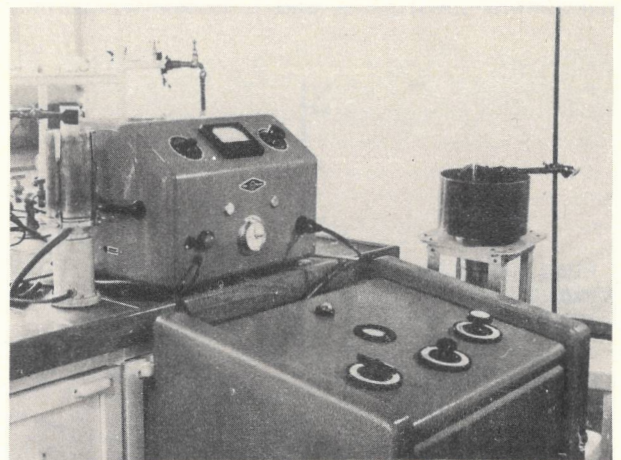


Bild 1. Unten: Generator für 23 kHz der Atlas AG. mit magnetostriktivem Schwinger (rechts im Bild). — Oben: Generator für 800 kHz der Firma Dr. Lehfeldt & Co. mit piezoelektrischem Schallgeber (links neben dem Generator).

licher reagieren als trockene. Das hat in erster Linie physikalische Ursachen. Die Schallabsorption in trockenem Gewebe liegt um Größenordnungen höher als in Wasser. Zudem werden die Schallwellen an den im Innern der Samen befindlichen Luftblasen reflektiert und können somit nicht sehr tief eindringen.

Die genauen Ursachen der Keimförderung sind noch nicht weitgehend erforscht. Es scheint sich um einen spezifischen Ultraschalleffekt mechanischer Art zu handeln. Vermutlich werden durch den schnellen Druck- und Beschleunigungswechsel fermentative Vorgänge im Samen angeregt und Stoffwechselprozesse beschleunigt. So zeigt sich z. B. auch, daß die Quellung der in Wasser befindlichen Samen durch die Wirkung des Ultraschalls positiv beeinflusst wird. Eine solche quellfördernde Wirkung zeigt Bild 2.

In Zusammenhang mit den zuvor dargestellten Versuchen läßt sich auch der Durchgang von in Wasser und anderen Flüssigkeiten gelösten Stoffen durch die Samenschale positiv beeinflussen. Hierfür gibt Bild 3 ein Beispiel.

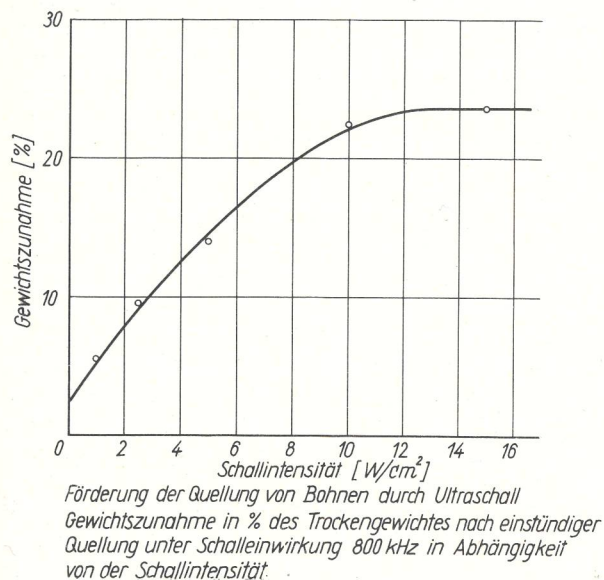


Bild 2

Die Bohnen der Behandlung 1 wurden 30 Minuten lang unter Einwirkung von Ultraschall (23 kHz, 3 W/cm²) in Jod-Jodkalium-Lösung nach LUGOL gequollen. Weder die Samenschale noch die inneren Teile der Samen zeigen danach eine Färbung. Bei der Behandlung 2 dagegen, bei der die Bohnen unter Schalleinwirkung von 800 kHz, 5 W/cm², 30 Minuten lang unter sonst gleichen Bedingungen gequollen wurden, ist die Lösung durch die Samenschale gedrungen und hat die äußeren Schichten der Kotyledonen gefärbt. Behandlung 3 mit einer Schalldosis von 10 MHz (1 MHz = 1000 kHz), 5 W/cm² und 30 Minuten zeigt, wie Behandlung 1 und die Kontrolle K, bei der die Bohnen ohne Schalleinwirkung unter sonst gleichen Bedingungen in der Lösung gequollen wurden, kein Eindringen des Reagenzstoffes.

Zur Erzielung gewisser Eintreibwirkungen des Ultraschalls erscheint nach unseren Versuchen die Frequenz 800 kHz am geeignetsten, während die Frequenz 23 kHz bei der Förderung von Diffusionsvorgängen im Innern vorgequollener Samen eine größere Wirkung hat und die Frequenz 10 MHz Diffusionsvorgänge nicht beeinflusst. Einen weiteren Beweis für die Einschallwirkung liefern Versuche mit Weizen, der in Lösungen von Wuchsstoffen.

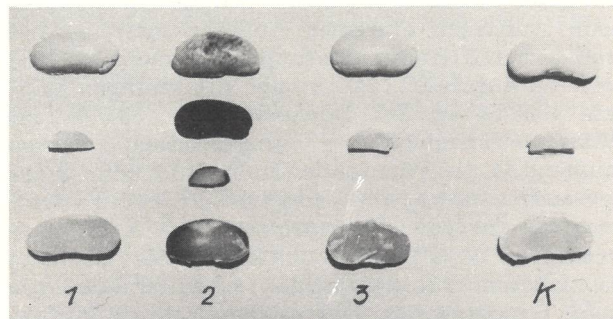


Bild 3: Einschallung von Jod-Jodkalium-Lösung nach LUGOL in Bohnen.

Antibiotica u. a. unter Schalleinwirkung gequollen wurde. Es zeigte sich eine Verstärkung der Keimstimulation bzw. Keimhemmung über die reine Ultraschallwirkung hinaus, der auf das Einschallen von Wuchsstoffen und Antibiotica zurückzuführen sein dürfte.

Eine solche Eintreibwirkung kann, wie auch schon andere Autoren gezeigt haben (6), außer in der Medizin, wo sie seit längerem Gegenstand zahlreicher Untersuchungen ist, auch in der Phytotherapie bei Pflanzen Bedeutung erlangen. Bei diesen Untersuchungen ist zu trennen zwischen der durch Ultraschall in das Innere eines Objektes eingetragenen Substanz, die dort wirksam wird, und der spezifischen Wirkung des Ultraschalls auf Bakterien und Pilze, die besonders in jüngster Zeit von anderer Seite (4) eingehend untersucht wurde.

Die Unterscheidung zwischen reiner Ultraschallwirkung und sekundärem Effekt ist in vielen Fällen schwierig und wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Schrifttumsnachweis

- BERGMANN, L.: Der Ultraschall und seine Anwendungen in Wissenschaft und Technik. 6. Auflage (1954), Stuttgart.
- DAWIDOW: Wirkung des Ultraschalls auf den Samen der Zuckerrübe. Doklady Akad. Nauk. SSSR **39** (1940), S. 491—493.
- FISCHNICH, O.: Diskussionsbemerkung auf der Ultraschalltagung Erlangen 1949. Der Ultraschall in der Medizin **1** (1949), S. 18.
- GRÜN, L., u. J. STELTER: Ultraschalleinwirkung auf Mikroorganismen. Z. Hygiene **141** (1955), S. 267—314.
- ISTOMINA u. OSTROWSKI: The Effect of Supersonic Vibrations on Potato Growth. C.R. (Doklady) Acad. Sci. URSS, N. S. 1935, I, S. 635—636.
- JAENICHEN, H., u. M. HEIMANN: Untersuchungen über die Anwendungsmöglichkeiten des Ultraschalls in der Phytotherapie. Phytopathol. Z. **23** (1955), S. 419 bis 426.