

Zur Schallerzeugung mit Preßluft

Von W. Meyer-Eppler †, H. Sendhoff und R. Rupprath, Bonn

Am Institut für Phonetik und Kommunikationsforschung der Universität Bonn wurden im Rahmen eines vom Bundesamt für zivilen Bevölkerungsschutz erteilten Forschungsauftrages Untersuchungen durchgeführt, die zum Ziel hatten, die Eignung verschiedener Schallerzeugungsverfahren für Luftschutz- und Katastrophen-Alarmzwecke in technischer und psychologischer Hinsicht zu prüfen. Besonderer Wert sollte darauf gelegt werden, ein Verfahren zu finden, das erlaubt, von der Bindung an ein allgemeines Stromerzeugungsnetz freizukommen:

Neben akusto-chemischen Schallquellen nach AUERBACH (4) und Sprengstoff-Schallquellen wurden insbesondere die in der Literatur zwar gelegentlich

behandelten (1, 2, 3, 4, 5, 6), in Deutschland aber praktisch noch nicht verwendeten Hochleistungs- und Hochdruck-Preßluft sirenen systematisch auf ihre Eignung untersucht und inzwischen in Zusammenarbeit mit der Firma Pintsch-Bamag in Butzbach, (Hessen) auf Grund eines besonderen, vom Bundesamt für zivilen Bevölkerungsschutz erteilten Erprobungsauftrages einer technischen Lösung durchgeführt. Abb.1 zeigt das letzte einer Reihe von Versuchsmodellen; es ist auf einem 20 Meter hohen Stahlrohrturm montiert.

Das schallerzeugende Organ der Sirene besteht aus Stator und mittels Elektromotor angetriebenem Rotor; beide sind mit übereinstimmenden Löchern

geeigneter Form versehen und gestatten eine Schallgrundfrequenz (1. Harmonische) von maximal 600 Hz zu erzeugen. Der Anteil an höheren Harmonischen nimmt mit wachsender Ordnungszahl rasch ab; die 2. Harmonische hat eine um 5 dB, die 3. Harmonische eine um 15 dB gegenüber der 1. Harmonischen verminderte Amplitude. Ein derartiges Spektrum ist für Alarmzwecke noch hinreichend markant, ohne den akustisch-mechanischen Wirkungsgrad bei Warnentfernungen von einigen hundert Metern unnötig zu verringern.

Einen Eindruck von den Abmessungen des schallerzeugenden Organs der Sirene vermittelt Abb. 2.

Im Interesse der erstrebten Netzunabhängigkeit erschien es zweckmäßig, Sirenenantrieb und Energielieferung voneinander zu trennen. Der Antriebsmotor des Rotors dient demgemäß nur dazu, die gewünschte Signalfrequenz oder -frequenzvariation zu steuern, während die zur Schallerzeugung erforderliche mechanische Energie einem Preßluftkessel entnommen wird, der durch einen Kompressor mit Elektro- oder Verbrennungsmotor von verhältnismäßig kleiner Leistung auf jeweils den Solldruck aufgefüllt wird. Die erforderliche Speicherkapazität des Kessels ist durch das voraussichtliche Alarmprogramm (mittleres Verhältnis von Signalzeit zu Pause) gegeben.

Das erste Versuchsmodell wurde mit einem Exponentialtrichter versehen, der außerdem eine Druckkammer zur Verbesserung der akustischen Anpassung erhielt. Die mit diesem Modell ohne und mit Trichter und unter Verwendung verschiedener Lochformen und -durchmesser bei Rotor und Stator auf der Rotor- bzw. Trichterachse in 10 m Abstand vom Rotor erzielten Schallstärken sind in Abb. 3 über den jeweils benötigten mechanischen (d. h. Preßluft-) Leistungen aufgetragen. Im interessierenden Bereich hängen die mit Trichter maximal erzielten Schallstärkewerte I_{max} von der mechanischen Leistung N angenähert in folgender Weise ab:

$$I_{max} = 13,6 \lg N + 119,0$$

(I_{max} in dB über der Hörschwelle von 10^{-16} W/cm², N in kW)

In Tabelle 1 sind einige der bei gebündelter Abstrahlung gemessenen Maximalwerte der Schallstärke und die jeweils erforderlichen mechanischen Leistungen zusammengestellt.

Tabelle 1

Maximale Schallstärken I_{max} und mechanische Leistungen N ; Exponentialtrichter, Meßabstand 10 m auf der Achse

I_{max}	133	131,8	130,2	126	dB
N	13,0	9,3	6,4	2,7	kW

(Die angegebenen Schallstärken in dB entsprechen praktisch den Lautstärken in DIN-Phon.)

Alle Messungen wurden mit horizontaler Sirenenachse durchgeführt; um Einflüsse der Erdoberfläche das vermeidbare Maß nicht überschreiten zu lassen, wurden die Sirenenmodelle in wenigstens 15 m Höhe angeordnet. Da aus praktischen Gründen eine gleichmäßige Rundum-Charakteristik anzustreben war mit ver-

gleichsweise kräftiger Unterdrückung der Strahlung unter Winkeln, die um mehr als $\pm 30^\circ$ von der Horizontalen abweichen, fand schließlich ein Aggregat von vier um 90° versetzten Exponentialtrichtern mit gemeinsamem Rotor-Stator-System Verwendung

(Abb. 4). In Bodennähe senkrecht unterhalb der Sirene betrug dann bei dem letzten Modell (Sirenenhöhe 23 m) der Schallpegel bei Vollbetrieb (Luftdruck 7 atü) etwa 115 dB, verglichen mit 123 dB in horizontaler Richtung bei der gleichen Entfernung von 23 m.

In besonderen Untersuchungen wurde der Einfluß extremer klimatischer Bedingungen auf die beweglichen Teile der Sirene bestimmt. Klimaversuche fanden sowohl im Freien (Zugspitze, Abb. 5) wie in einer Klimakammer der Fa. Klöckner-Humboldt-Deutz AG in Köln statt. Sie ergaben auch im Dauerbetrieb keine Beanstandungen.

Messungen in Butzbach und Umgebung verschafften einigen Aufschluß über die Reichweite der Sirene über mittelstädtisch bebautem und unbebautem, schwach hügeligem Gelände. Dank der Unterstützung durch die Behörden von Butzbach, denen an dieser Stelle besonders gedankt sei, konnten Reihenmessungen auch bei einer Aufstellung der Sirene mitten im Ort durchgeführt werden; ihr Ergebnis ist in Abb. 6 wiedergegeben (Grundfrequenz 420 Hz). Zum Vergleich sind die entsprechenden Messungen für eine elektrische 5-kW-Sirene eingetragen. Außerhalb des Ortes nimmt, wie die Messungen zeigen, der Schallpegel bei Entfernungsverdopplung bei Windstille im Mittel um etwa 7 dB ab (vgl. (8)), im Ort selbst dagegen tritt eine mehr oder weniger unregelmäßige Reduktion des Schallpegels um Beträge bis zu 20 dB ein, hervorgerufen durch den örtlich sehr verschiedenen Einfluß von Absorption, Beugung und Reflexion, (vgl. (7)). Über Windeinflüsse liegen eingehende Untersuchungen vor (9). Die Lage der einzelnen Meßpunkte ist der in Abb. 7 wiedergegebenen Karte von Butzbach und Umgebung zu entnehmen. Als Meßbeispiel bringt Abb. 8 den Verlauf des Schallpegels in Meßpunkt M (Abstand von der Sirene 960 m, keine Sichtverbindung zwischen Meßort und Sirene) für die Preßluft-Sirene und die neben ihr auf gleicher Höhe aufgestellte elektrische Sirene.

Literaturangaben:

- [1] C. H. ALLEN u. J. RUDNICK: A powerful high frequency siren. *J. acoust. Soc. Amer.* **18** (1947) 857–865.
- [2] C. H. ALLEN u. B. G. WATTERS: Siren design for producing controlled wave forms at high intensities. *J. acoust. Soc. Amer.* **31** (1959) 177–185.
- [3] C. H. ALLEN u. B. G. WATTERS: Siren design for producing controlled wave form with amplitude modulation. *J. acoust. Soc. Amer.* **31** (1959) 463–469.
- [4] R. AUERBACH: Möglichkeiten einer Akustochemie. *Chemie-Ingenieur-Technik* **23** (1951) 1–2.
- [5] R. C. JONES: A siren of high efficiency and large output. *J. acoust. Soc. Amer.* **14** (1942/43) 129.
- [6] R. C. JONES: A fifty horsepower siren. *J. acoust. Soc. Amer.* **18** (1946) 371–387.
- [7] J. B. KELLEY: Transmission of sound signals in congested city areas. *Symp. Air Raid Warn. Devices, Univ. of Michigan* 1942.
- [8] F. J. MEISTER u. W. RUHRBERG: Die Dämmung von Verkehrsräuschen durch Grünanlagen. *VDI-Z.* **101** (1955) 527–535.
- [9] F. M. WIENER u. D. N. KEAST: Experimental study of the propagation of sound over ground. *J. acoust. Soc. Amer.* **31** (1959) 724–733.

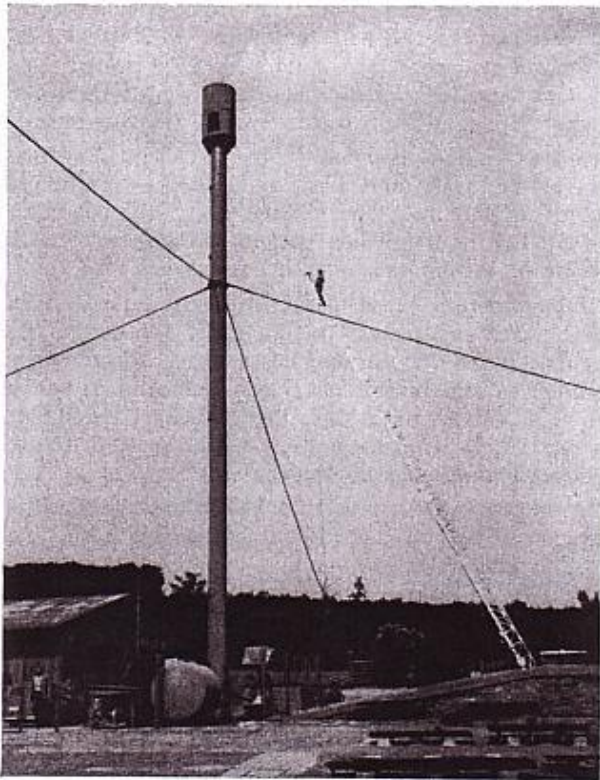
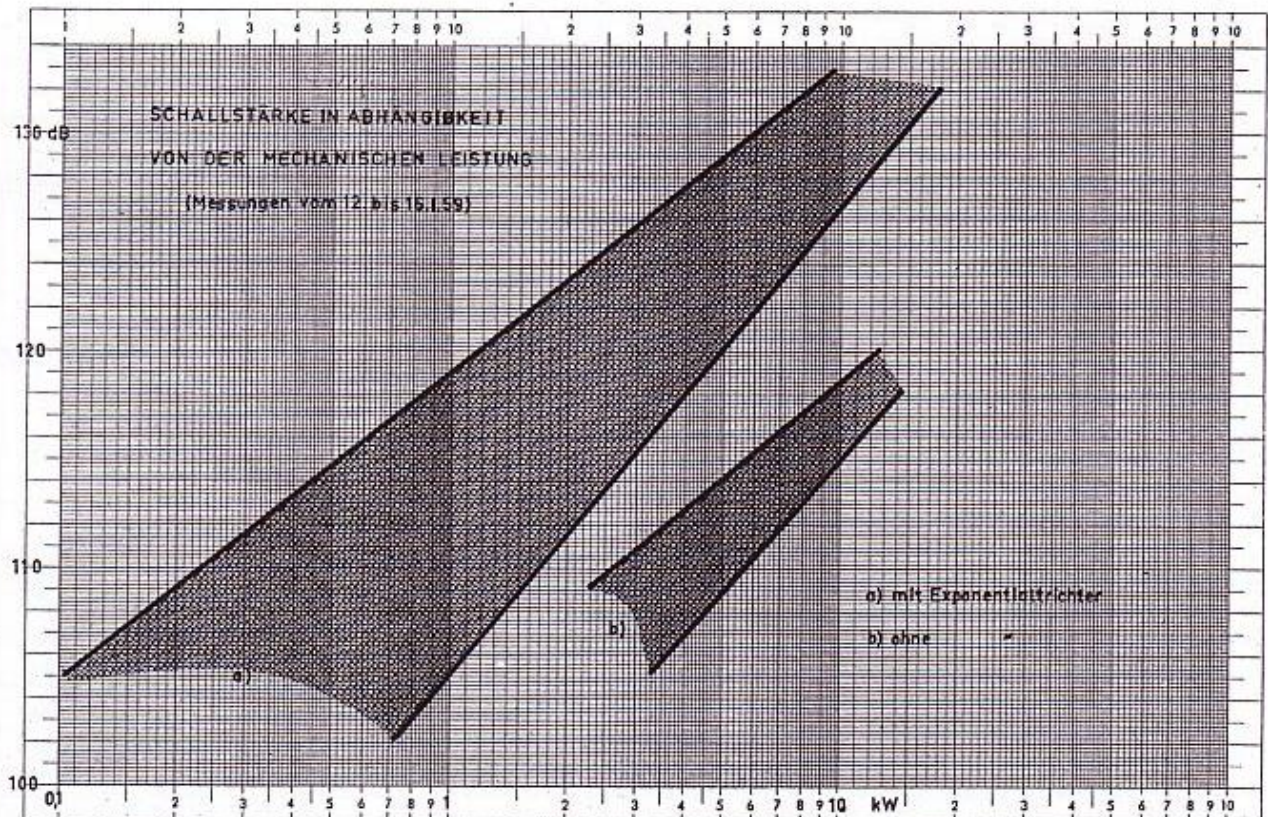


Bild 1
Versuchsmodell einer Hochleistungs-Preßluftsirene auf dem Werksgelände der Firma Pintsch-Bomag in Butzbach (Hessen).



Bild 2
Der schallerzeugende Teil der Sirene.

Bild 3
Erzielte Schallstärken in Abhängigkeit von der angewendeten mechanischen Leistung.



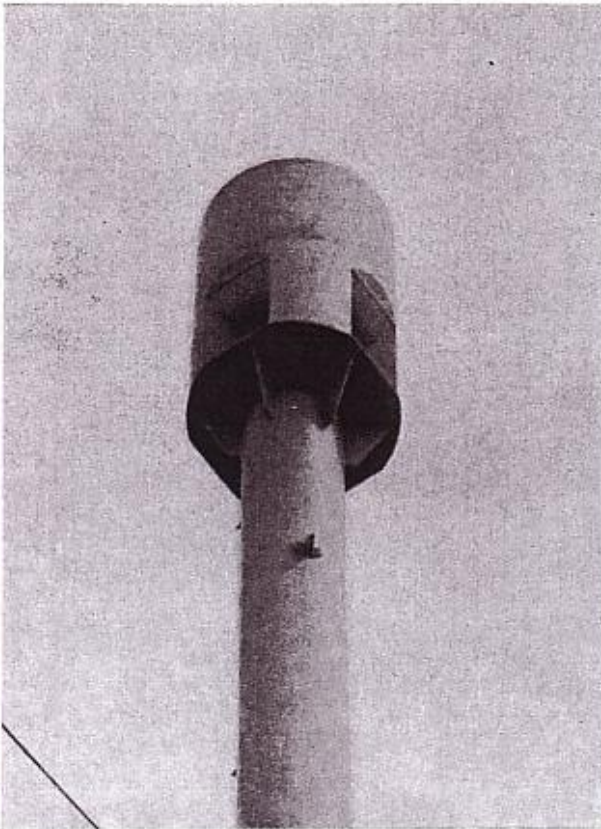


Bild 4
Sirenenkopf mit 4 Exponentialtrichtern.

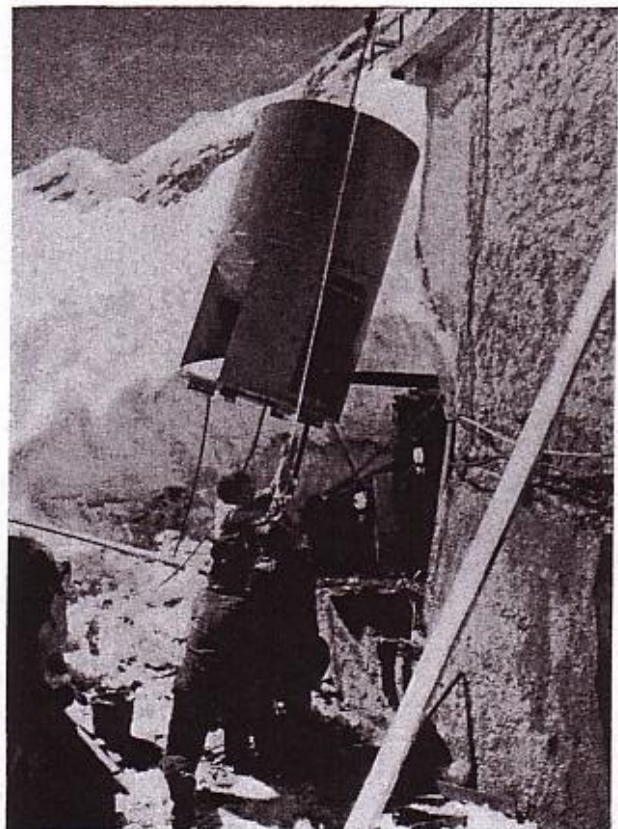


Bild 5
Installation des Sirenenkopfes auf der Zugspitze.

Bild 6
Schallausbreitung bei Preßluft-Sirene und elektrischer 5-kW-Sirene über Stadt und Umgebung Butzbach.
(Messungen vom 13. 3. 59)

