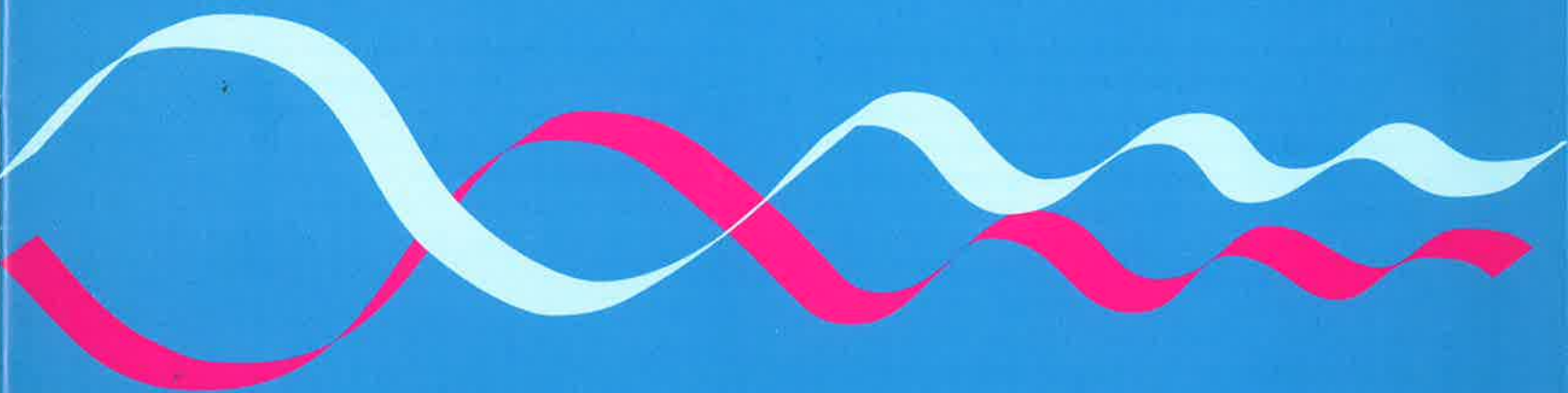


TPD-TNO
Institut für Angewandte Physik

TPD

Antischall



Wird Antischall die herkömmlichen Lärmbekämpfungsmittel verdrängen?

Die Bekämpfung von Lärm und Geräuschbelästigung geschieht heutzutage noch mit sogenannten passiven Mitteln. Schon seit Jahrhunderten wissen wir, daß Lärm durch Masse eingedämmt wird. Noch täglich werden Stein, Beton und Stahl zur Lärmdämmung erfolgreich eingesetzt. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Stahlgehäuse einer Lärm verursachenden Maschine. Weiter kennen wir die Absorptionsdämpfung mit porösem Material, worin die Luft Widerstand ausgesetzt ist. Bei derartigem Material wird die kinetische Energie von Schallschwingungen durch Reibung in Wärme umgesetzt. Das ist faktisch das Geheimnis der passiven Lärmabsorption. Absorptionsdämpfer werden beispielsweise in Luftkanälen eingesetzt. Ein Problem ist jedoch: je niedriger die zu dämpfenden Lärmfrequenzen werden, desto umfangreicher und kostspieliger werden die Formate derartiger Absorptionsdämpfer oder Maschinengehäuse.

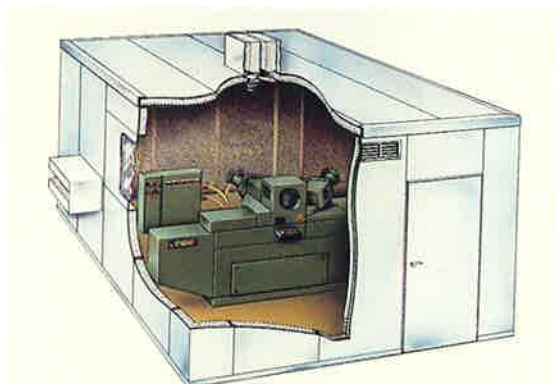
Antischall – was ist das eigentlich?

Die Idee lag bereits fast 60 Jahre auf dem Boden der wissenschaftlichen Mottenkiste. Die Ehre gebührt unserem östlichen europäischen Nachbarn, denn auf die Idee kam bereits zu Beginn der dreißiger Jahre der deutsche Wissenschaftler Paul Lueg. Das Prinzip ist höchst einfach, doch man muß eben darauf kommen. Die Antischalltechnik macht faktisch von den Schwingungseigenschaften des Schalls Gebrauch. Lärm besteht aus einer schnellen Folge der Zu- und Abnahme des Luftdrucks. Sobald uns solch eine Folge von Luftdruckwechsel erreicht, beginnt unser Trommelfell zu schwingen. Dadurch nehmen wir den Lärm wahr. Lueg dachte, daß es möglich sein müsse, den Lärm aufzuheben, indem man dicht beim Trommelfell einen Antischall in gleicher Tonhöhe produzierte. Wenn sich das

verdrängende Geräusch in einer Kompressionsphase befindet, produziert der Antischall einen Ton in einer Expansionsphase. So heben sich die Schwingungen gegenseitig auf. Anders ausgedrückt: Mischt man eine Schallwelle mit der einer gleichen Stärke, doch mit entgegengesetzter Phase, so ist das Ergebnis Stille. Lueg mußte sich noch rund zwanzig Jahre gedulden, bis er die Richtigkeit dieses Prinzips, damals noch mit Röhrenverstärkern, nachweisen konnte. Es handelte sich in jener Zeit natürlich noch um sogenannte analoge Systeme. Wenn Sie das weniger interessiert, können wir Ihnen sagen, daß die Resultate davon noch nicht sehr wirkungsvoll waren. Dies war übrigens einer der Gründe dafür, diese Idee wieder in die Mottenkiste zu deponieren und für später aufzubewahren.

Bei Verwendung von Antischall in Autokabinen werden die Regelmikrofone in der Kopfstütze angebracht. Das Antischallsystem kann von den Standard vorhandenen Lautsprechern des Autoradios Gebrauch machen. Die TPD-Systeme können u.a. Motorlärm und Geräusch des Schaltgetriebes unterdrücken.

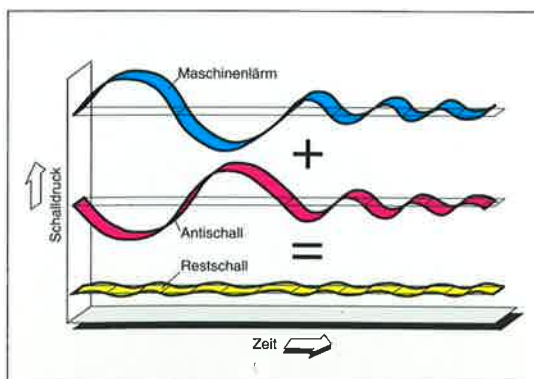
Beispiel für passive Lärmbekämpfung: Eine schalldämpfende Hülle



Die Bekämpfung von periodischem Lärm ist eigentlich gar kein Problem mehr

Die jüngsten Entwicklungen in der Elektronik belegten erneut dieses alte Prinzip. Heutzutage ist 'Antischall' mit Hilfe von schnellen Mikroprozessoren und durchdachten Regeltechniken durchaus zu verwirklichen. TPD bekommt, dies sei in aller Bescheidenheit gesagt, alles mehr und mehr in den Griff. Bei der Bekämpfung von niedrigfrequentem Lärm scheint Luegs Idee einer guten Zukunft entgegenzugehen. Es sind gerade die niedrigen Frequenzen, die unser Gehör plagen. Diesem 'Ohrensausen' sind wir vor allem in Werkstätten, Zweckgebäuden, Flugzeugen und Autos ausgesetzt, kurz und gut überall dort, wo Menschen aktiv und produktiv tätig sind. In der letzten Zeit ist gelegentlich die Rede von 'sick-buildings' – meist etwas ältere Zweckgebäude, in denen allerlei Vorkehrungen untauglich sind. Häufig handelt es sich um Ventilationsprobleme, doch auch Lärmbelästigung gehört zu den Beschwerden. Man denke beispielsweise an das fortwährende Brummen von Dieselgeneratoren mit allen sich hieraus ergebenden Ermüdungserscheinungen. Passive Mittel können dies nur zum Teil beseitigen. Sie werden, wie erwähnt, zu umfangreich, und es handelt sich in der Regel um kostspielige Angelegenheiten. Mit 'Antischall' lassen sich hier verblüffende Ergebnisse erzielen. In solchen Fällen sprechen wir von periodischem Lärm. Periodischer Lärm ist dadurch gekennzeichnet, daß sich das Lärmmuster nach einer bestimmten Periode wiederholt, also vorhersehbar ist. Dies ganz im Gegensatz zu stochastischem Lärm oder Rauschen. Hierauf werden wir später noch zurückkommen. Periodische Antischallsysteme könnten jetzt bereits schon recht gut bei der Lärmbekämpfung von verschiedenen Auspuffsystemen eingesetzt werden. Man denke beispielsweise an Motoren, Kompressoren wie Rootsblower's oder Schornsteine.

Das Antischallprinzip: Durch Zusatz einer zweiten Schallwelle gleicher Stärke (Schalldruck) aber mit entgegengesetzter Phase entsteht Stille.

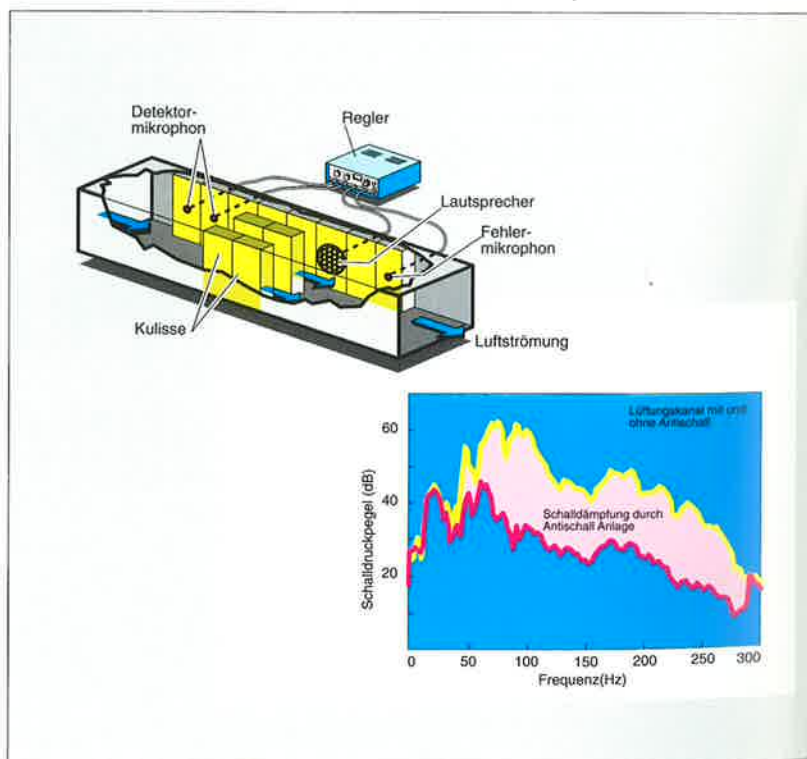


Lärmbeherrschung in größeren Räumen

Die eher erwähnten Beispiele betreffen Lärm, der sich in einem Rohr fortpflanzt, doch in einer Auto- oder Flugzeugkabine pflanzt sich der Lärm in verschiedenen Richtungen fort. Dämpfung hiervon ist durch komplizierte Systeme möglich, die mit mehreren Mikrofonen und Lautsprechern ausgestattet sind. Doch auch diese Probleme lassen sich technisch bereits lösen. Sie müssen nur noch marktreif gemacht werden. Kurz und gut, die Ergebnisse sind vielversprechend, und wir schließen nicht aus, daß Motorenlärm, beispielsweise in einer Flugzeug- oder einer Auto- bzw. Lastwagenkabine, in Kürze erheblich reduziert werden kann. Für Lkw-Fahrer wäre dies sicher eine angenehme Sache. Es ist schließlich bekannt, daß das Gehör dieser Berufsgruppe auf die Dauer beeinträchtigt wird.

Schematische Wiedergabe des Einsatzes von Antischall bei stochastischem (=nichtvorhersehbarem) Schall in einem Lüftungskanal. In diesem Fall ist das Antischallsystem mit Kulissen kombiniert, die für die Dämpfung der hohen Frequenzen sorgen.

Ein repräsentatives Meßergebnis ohne und mit Einsatz von stochastischem Antischall.



Nun erfolgt auch der Angriff auf stochastischen Lärm

Stochastischer Lärm ist schwer zu bekämpfen. Stochastisch bedeutet eigentlich: unvorhersehbar, d.h. von Zufällen abhängig. Viele Lärmquellen sind unvorhersehbar. Man nehme beispielsweise die menschliche Stimme. Ein besseres Beispiel für solch eine stochastische Lärmquelle gibt es kaum. Der Augenblick, in dem jemand seine Stimme erhebt, ist immer nur schwer vorauszusagen, sofern Sie nicht beispielsweise mit Ihrem Chef regelmäßig Krach haben. Solche stimmlichen Steigerungen kann man in solchen Momenten vernehmen, in denen man die Tür wieder einmal etwas zu laut ins Schloß fallen läßt. Ihre lärmenden Nachbarn werden Sie mit Antischall vorerst noch nicht mundtot machen können. Übrigens hat dieses Problem mehr mit der Art und Weise zu tun, in der sich Lärm in großen Räumen fortpflanzt, als mit Stochastik. Um jedoch wieder auf Techniken der passiven Lärmbekämpfung zurückzukommen, diese werden wir auch in Zukunft nach wie vor dringend benötigen. In diesem Zusammenhang können wir getrost prophezeien, daß die ankerlose Hohlmauer noch Jahrhunderte lang ihre Daseinsberechtigung beweisen wird. Dennoch gibt es zahllose Beispiele stochastischer Lärmquellen, gegen die man jetzt bereits erfolgreich vorgehen kann. So entwickelte TPD ein System gegen stochastischen Lärm in Luftkanälen. Hierbei handelt es sich um einen Regler, bei dem ein Mikrofon den Lärm auffängt und voraussagt, bevor es beim Lautsprecher ankommt. Der Lautsprecher kann dann im Bruchteil einer Sekunde danach den entsprechenden Antischall einwandfrei generieren.

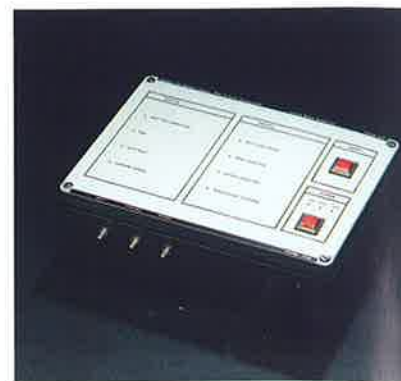
Den Schleier lüften

Dürfen wir an dieser Stelle etwas technischer werden? Wenn es sich um einen periodischen Lärm handelt, kann häufig ein spezieller Antischallregler verwendet werden, dessen Kern ein programmierbarer (digitaler) Wellenformgenerator ist. Er hat die Aufgabe, einen Antischall zu generieren. Inzwischen wird der übrige Lärm fortwährend abgetastet und

von einem Mikrocomputer ermittelt, so daß das Gegensignal eventuell angepaßt werden kann. Dies ist nötig, weil sich der Lärm fortwährend verändert. Es ist uns nicht täglich bewußt, aber Temperaturunterschiede beeinflussen unseren Umgebungslärm drastisch. Je höher die Temperatur ist, desto schneller pflanzt sich der Lärm fort. Da es in den Niederlanden ganz normal ist, daß die Temperatur innerhalb weniger Stunden sinkt oder steigt, müssen wir dies entsprechend berücksichtigen. Die Anwendung von solchen 'adaptiven' Antischallsystemen, wie wir sie bezeichnen, ist beispielsweise die Lärmbekämpfung eines Dieselmotorauspuffs.

Die Kurbelwelle des Motors kann mit einer Art Tachograf versehen werden, in diesem Fall beispielsweise mit einer geschlitzten Scheibe, die auf die Kurbelwelle montiert wird. Mit den Pulsen eines optischen Sensors kann anschließend die Phase des Antischalls mit dem Lärm, den solch ein Motor verursacht, genau synchronisiert werden. TPD entwickelt ein derartiges System, wodurch der Lärm unterschiedlicher Auspuffsysteme erfolgreich reduziert wird. Auf solche Weise könnte beispielsweise eine Lkw-Kabine wesentlich stiller gemacht werden können.

Der TPD bestreicht den gesamten Bereich der Grundlagenforschung bis hin zum industriellen Erzeugnis. Einige unserer Antischall-Geräte sind hier abgebildet.



Beispiel eines Antischallversuchs am Auspuff eines Autos.



Von Lärmquelle zu stillem Produkt?

Wer Antischall sagt, meint damit gleichzeitig Komfortverbesserung im allgemeinen. Zahllose Produkte und Systeme verursachen einen störenden Lärm. Viele von derartigen Lärmquellen sind heute bereits durchaus wirkungsvoll mit Antischall zu bekämpfen. Natürlich sind noch viele Untersuchungen erforderlich, aber für die Industrie gibt es bereits jetzt erhebliche Möglichkeiten, sich von Konkurrenten deutlich zu unterscheiden. Betriebe, die sich auf Luftbehandlung spezialisiert haben, werden demnächst mit garantiert stillen Systemen einen wesentlichen Vorsprung vor ihren Kollegen haben. Das ist durchaus wahrscheinlich, und deshalb wollen wir unserer Phantasie einmal freien Lauf lassen. Wie wäre es beispielsweise mit einem Auto, in dem wir Eric Satie ungestört anhören können? Solch ein Fahrzeug wird gewiß demnächst auf dem Markt erscheinen. Was für ein fabelhafter USP (Unique Selling Point) könnte es beispielsweise für eine Luftfahrtgesellschaft sein, wenn sie nicht nur auf die Einzigartigkeit des Service, der Sicherheit und Pünktlichkeit hinweisen kann, sondern auch auf den Komfort der stillsten Business Class der Welt. Oder was meinen Sie von einer Kreuzfahrt in der Karibik auf einem Schiff mit den stillsten Kabinen? Oder möchten Sie nicht mit dem stillsten Schlafwagen von Moskau in das alte Sankt Petersburg reisen? So gäbe es noch ungezählte Beispiele, doch die Initiative liegt nun bei der Industrie. Vielleicht denken Sie an Probleme, deren Lösung vordergründiger ist. Sprechen Sie dann einfach mit uns. TPD will Ihnen gern zur Seite stehen. Unsere Erfahrungen wollen wir gern mit Ihnen als Unternehmer teilen.

TPD, Institut für angewandte Physik

TPD ist ein Bestandteil von TNO, einer niederländischen Organisation mit über 5000 Mitarbeitern und einem weltweiten Ruf im breiten Bereich der angewandten Naturwissenschaften. TNO gehört sicher zu den führenden europäischen Forschungszentren. Innerhalb von TNO ist TPD ein an sich unabhängiges Institut, spezialisiert auf Fachkenntnisse in solchen Bereichen wie Lärm, Optik, Instrumentierung, Elektronik, Informatik, Wärme, physische Transporterscheinungen und -prozesse, technische Beratungen und Begutachtungen. Seit über einem halben Jahrhundert gibt es eine feste und inspirierende Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Delft und seit einigen Jahren mit der in Eindhoven. Sie finden, kurz gesagt, bei TPD die kombinierte Intelligenz von rund 300

schnellen und vor allem praxisorientierten Denkern, die gern mit Ihnen zusammenarbeiten.

TPD als das Verlängerungsstück Ihrer Forschungs- und Entwicklungsabteilung

TPD bietet Ihnen Dienstleistungen auf Vertragsbasis an. Das ist keine Besonderheit und ist im Forschungsbereich gebräuchlich. Völlig anders ist jedoch wohl unser praktisches, marktorientiertes Vorgehen. Forschung und Entwicklung ist für jeden Betrieb eine Notwendigkeit, doch dabei sehr kostspielig. Daher bemühen wir uns, über unsere (nationale und internationale) Kontakte um die Organisation von Mehrfachkundenprojekten und häufig mit Erfolg. Wenn wir verschiedene Industriebetriebe 'pre competitive' an einem gemeinsamen Projekt interessieren, verteilen sich die Kosten und sind damit akzeptierbarer. Die Resultate stehen selbstverständlich ausschließlich solch einem Konsortium zur Verfügung. Auffallend ist jedoch,

Der TPD hat einen Prototyp des Antischallsystems entwickelt, wodurch der Lärm von Propeller- und Turbinenmotoren in der Passagierkabine stark reduziert wird. Das modulare System mit 48 Mikrofonen und 32 Lautsprechern ist besonders für Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge geeignet. In Zusammenarbeit mit vier europäischen Flugzeugfabrikanten werden Versuchsflüge ausgeführt.

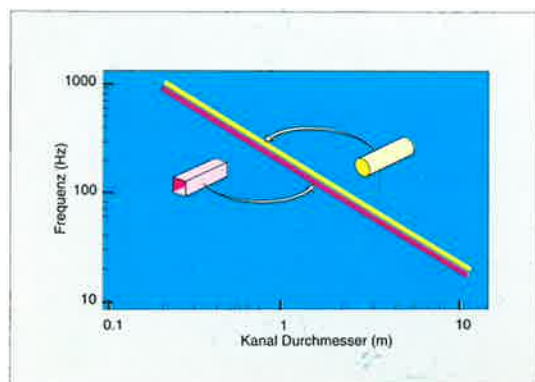


daß immer mehr Unternehmen individuelle Aufträge auf Exklusivitätsbasis erteilen. Dann ist TPD wirklich eine Verlängerung der Abteilung Forschung und Entwicklung der jeweiligen Organisation. Die Folge ist in der Regel eine enge Zusammenarbeit. Die Ursache hierfür ist zweifellos der zunehmende Konkurrenzdruck. Wir sagten es bereits: TPD ist gemeinsam mit dem Auftraggeber in der Lage, für seine Produkte USP's oder Mehrwerte zu entwickeln, die dem Unternehmen einen wesentlichen Vorsprung gegenüber seinen Konkurrenten verschaffen. Die Notwendigkeit eines solchen Vorsprungs begreifen wir als Institut nur allzu gut, da wir uns selbst fortwährend in der gleichen Position befinden. Deshalb stecken wir so viel Geld und Energie in Grundlagenforschung. Im übrigen – doch das war Ihnen sicher bereits klar – ist bei solchen Exklusivaufträgen absolute Geheimhaltung garantiert gesichert.

Setzen Sie sich mit uns in Verbindung

Wollen Sie solch einen Vorsprung gewinnen? Beispielsweise mit Antischall? Wollen Sie aus dem nicht geringen Know-how, das wir in den letzten 50 Jahren im Lärmbereich gewonnen haben, Nutzen ziehen, so sollten Sie sich mit uns in Verbindung setzen. Am einfachsten ist natürlich ein Anruf. Wählen Sie +31 15 692 000 und lassen Sie sich mit Peter Koers, Michiel van Overbeek oder Teun van den Dool verbinden. Wenn Sie sich erst genauer über TNO und TPD orientieren wollen, dann füllen Sie bitte eine der angehefteten Antwortkarten aus, und kreuzen Sie Ihr Interessengebiet an. Die erbetenen Informationen haben Sie dann innerhalb weniger Wochen im Haus.

Bei ausreichend niedriger Frequenz des Lärms ist die entsprechende Wellenlänge größer als der charakteristische Querschnitt eines Rohres. Zur Lärmbekämpfung in solch einem Rohr kann man sich mit einem einfachen Einkanal-Antischallsystem begnügen. Für einen gegebenen Rohrquerschnitt ist in der Abbildung dargestellt, bis zu welcher Frequenz solch ein einfaches System noch wirksam ist.



Wir schulden Ihnen noch eine Antwort

Zum Abschluß schulden wir Ihnen noch eine Antwort. Wir fragten zu Beginn: "Wird Antischall die passiven Systeme verdrängen?" Das wird wohl nicht so bald geschehen, und das ist auch gut so. Denn sonst würden wir sicher wenig Hilfsbereitschaft bei unseren Kollegen verspüren, die sich ebenfalls mit Lärmbekämpfung befassen. Nein, den Sachverstand der Abteilungen Geräuscharm Konstruieren, Geräuscharm Installieren, Strömungsakustik oder Bau- und Verkehrsakustik benötigen wir dringend. Dies nur ganz beiläufig, denn bei der Analyse Ihres Problems, also bei einer ersten Erreichbarkeitsstudie, werden wir die gängigen passiven lärmreduzierenden Maßnahmen mit in Betracht ziehen. Wenngleich wir von dieser aus der Mottenkiste der Wissenschaft geholten Methodik begeistert sind, so führen doch mehr Wege nach Rom, nicht wahr? Haben wir vielleicht Ihr Interesse geweckt?

Schematische Wiedergabe des Einsatzes von periodischem Antischall am Auspuff eines Rootsblowers, der selbst in einer schalldämpfenden Hülle eingebaut ist. Das niederfrequente periodische Auspuffgeräusch wird mit einem Antischall eliminiert.

Das in der Praxis gemessene Schallspektrum ohne und mit Einsatz von periodischem Antischall. Deutlich erkennbar sind die für periodischen Antischall charakteristischen reinen Töne.

