

**iffland communication**

**Informationen zu kindlichem Hören,  
leichterem Lernen, besserem Verstehen  
und Raumakustik**

**White Paper  
Stand März 2021**

**Ansprechpartner:  
Jochen W. Heinz, Filiale Esslingen  
esslingen@iffland-hoeren.de**

# iffland communication

Durch unsere über 30-jährige Erfahrung in der Pädakustik (Hörsystemversorgung von Kindern und Jugendlichen) wissen wir um die Probleme, Sprache in größeren Räumen (Kitas, Klassenzimmer), in Störgeräuschsituationen und über Distanz, möglichst klar und deutlich wahrnehmbar an Kinderohren zu bringen. „Unsere“ Kinder erhalten hierfür ihre eigenen digitalen Sprachübertragungsanlagen, zusätzlich zu ihren Hörsystemen.

## Wie Kinder hören

Die Entwicklung der Hörwahrnehmung, -und Verarbeitung ist ein langwieriger Prozess, der bis ins Jugendalter andauert und bis ca. zum 15. Lebensjahr abgeschlossen ist. Man muss wissen, dass Kinder in Störschallsituationen schlechter verstehen als Erwachsene. Ihr Zuhöraufwand, oder ihre Höranstrengung ist in solchen Situationen wesentlich größer. Sie benötigen i.V. zu Erwachsenen einen wesentlich höheren Input an Wortmaterial, um das Gesagte inhaltlich erfassen zu können. (Boothroyd 2004)

„Die Wirkung von Lärm und unerwünschten Geräuschen auf die Sprachentwicklung von Kindern“ wurde bereits im Jahr 2003 (Spreng) sehr eindrucksvoll dargestellt. Er beschreibt die unterschiedlichen Entwicklungsphasen und unterteilt sie in:

- Die Säuglingsphase (0. – 6.Monat)
- Die sensible Kleinkindphase (6.Monat – 2 Jahre)
- Die sensible Kindphase (4. – 6. Lebensjahr)
- Die Schulkindphase (6. – 14. Lebensjahr)

## Hören und Verstehen in Kitas und Schulen

Gemäß der Arbeitsstättenverordnung wird der Grenzwert für Lärm von 55 dB(A) für Arbeitsplätze mit vorwiegend geistiger Tätigkeit in unseren Schulen leider häufig weit überschritten (Burmam et.al. 2003). An Berliner Schulen wurden in einer ersten Grundschulklasse ein Mittelungspegel über 8 Stunden von 76 dB(A) gemessen.

In Deutschland liegen die Grundgeräuschpegel (ohne Schüler!) zwischen 42,5 und 46,5 dB(A) (Burmam et.al. 2003). Bei Anwesenheit von Schülern wurden ermittelt:

In Vorschulen: 75 dB(A)

In Grundschulen: 65,3 dB(A)

In weiterführenden Schulen: 64,5 dB(A)

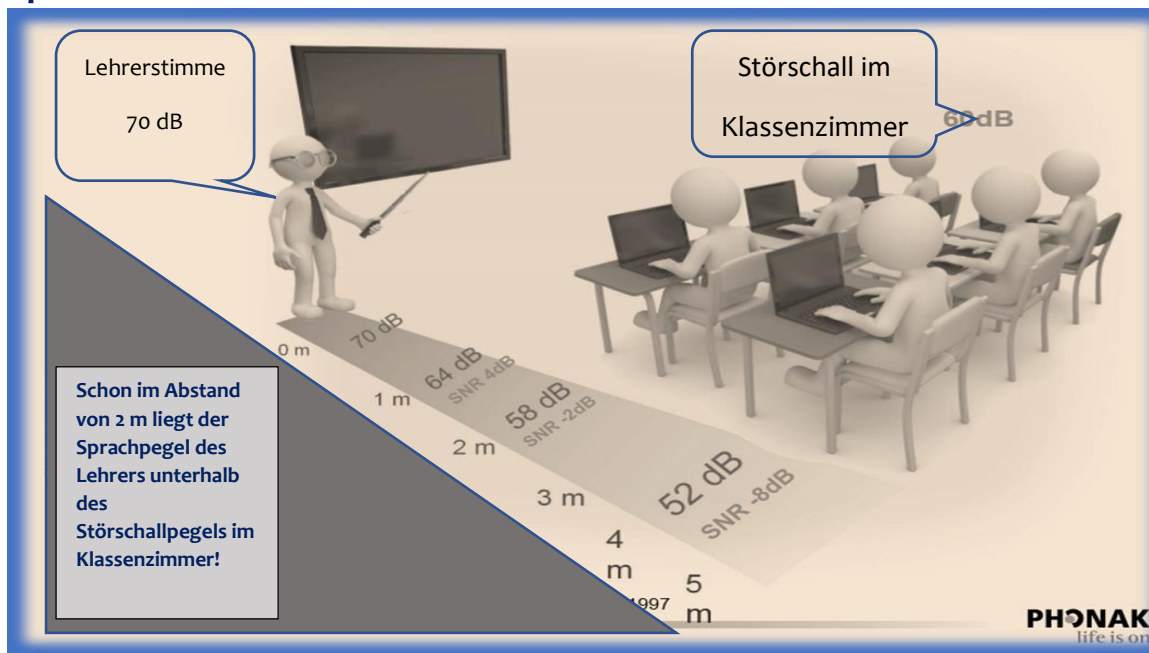
## **Gutes Hören und Verstehen sind jedoch die wichtigsten Grundvoraussetzungen für ein erfolgreiches Lernen und Kommunikation!**

Welche Voraussetzung müssen im Schulalltag gegeben sein, um das gesprochene Wort (von Lehrern und Schülern) sicher und entspannt verstehen zu können?

Von größter Bedeutung ist hier der sog. Stör-, -Nutzschaabstand (international auch als SNR = signal to noise ratio, Signalrauschabstand bezeichnet).

- Je größer der SNR ist, umso leichter lässt sich Sprache verstehen
- Für hörgeschädigte Kinder sollte er bei mindestens 15, besser noch 20 dB liegen
  
- **Achtung: Dies gilt jedoch auch für Kinder mit Migrationshintergrund, Kinder mit Aufmerksamkeits-, Verarbeitungs- und Wahrnehmungsproblemen, ebenso für Kinder mit Autismus-Spektrumsproblemen**
  - Erwachsene mit normalem Gehör und intaktem Hörvermögen benötigen einen Signal-Rauschabstand (SNR, signal to noise ratio) von +6 dB zur Spracherkennung (Sprache muss im Verhältnis zur Umgebung um 6 dB lauter sein)
  - Kinder benötigen einen viel höheren SNR, aufgrund neurologischer Unreife, Wissenslücken in kontextabhängigen Hinweisen und geringer Erfahrung im Hören mit Hintergrundgeräuschen (Elliot, 1979)
  - Aufgrund von Lärm, Echos und Schwankungen des SNRs in einem typischen Klassenzimmer, ist der Durchschnitts-SNR +4 dB. Dies ist schon weniger als ideal für Erwachsene mit normalem Gehör, geschweige denn für Kinder (Crandell und Smaldino, 2002)

## Sprache und Abstand – was kommt wo noch an?



## Und die Lehrer und Erzieher?

Geht man nun von einem durchschnittlichen Störpegel von 60 dB aus, müsste der Lehrer seine Stimme stets auf einem deutlich überhöhtem Sprechpegel halten. Tatsache ist, dass Stimm-, und Sprechprobleme in der Erkrankungsstatistik von Lehrern und Erziehern sehr weit vorne liegt und in Eigenberichten der Stimm-, und Sprachaufwand häufig genannt wird. Auch die Lärmbelastung spielt natürlich eine bedeutende Rolle.

## Was kann, oder sollte getan werden?

### *Primärmaßnahmen*

Allgemein gilt, dass die Anwendung sog. Primärmaßnahmen (bauseitige Anbringung von schallabsorbierenden Elementen) das erste Ziel sein sollte. Dies sollte sich für Neubauten auch umsetzen lassen. Hierbei greift die DIN 18041 „Hörsamkeit in Räumen“. Diese Norm gilt für Neubauten. Sie sollte sinngemäß für die Planung von Umbauten oder Modernisierungen angewendet werden.

Leider sieht die Realität anders aus und die baulichen Maßnahmen bedürfen einer exakten Berechnung und Planung. Unter Berücksichtigung der noch zu verbauenden Materialien (Brandschutz etc.) explodieren die Kosten hierfür oft schnell.

## DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

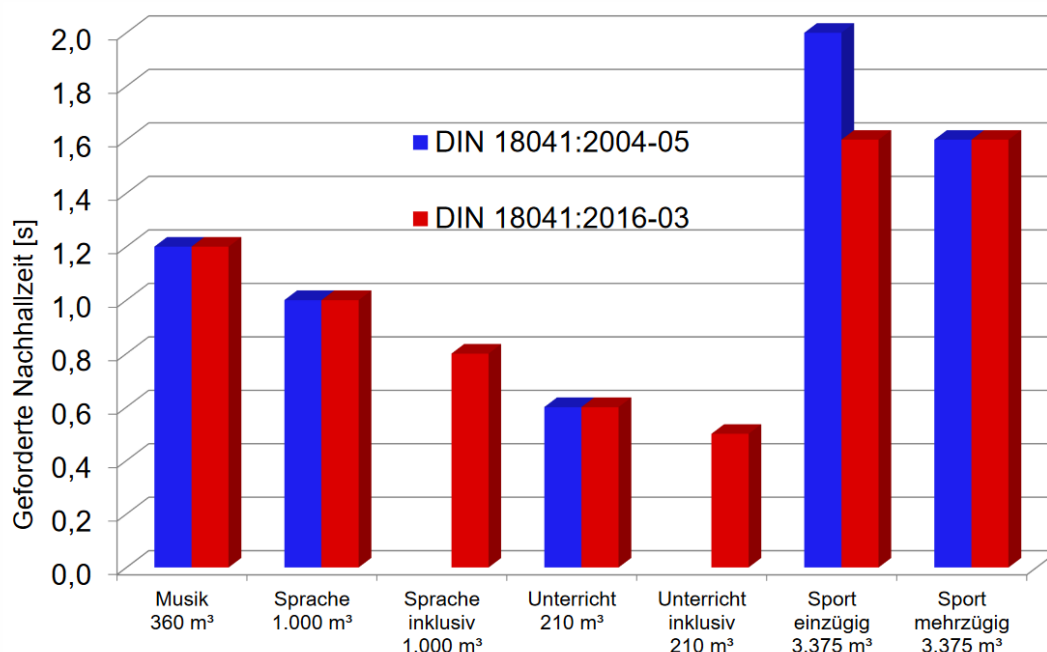
Die DIN 18041:2016-03 stellt im Vergleich zur Vorgängerversion aus dem Jahr 2004 eine überarbeitete und neu gefasste Version dar. Diese Norm gilt für Räume mit einem Raumvolumen bis 5000 m<sup>3</sup>, für Sport – und Schwimmhallen bis 30000 m<sup>3</sup>. Sie unterteilt in zwei Anwendungen:

- Räume der Gruppe A: mittlere und größere Entfernungen, wie z.B. Unterrichtsräume in Schulen, Gruppenräume in Kindertageseinrichtungen, Konferenzräume, Gerichts- und Ratssäle, Seminarräume, Hörsäle, Tagungsräume, Räume in Seniorentagesstätten, Sport- und Schwimmhallen
- Räume der Gruppe B: geringe Entfernungen, wie z.B. Verkehrsflächen mit Aufenthaltsqualität, Speiseräume, Kantinen, Spielfläure und Umkleiden in Schulen und Kindertageseinrichtungen, Ausstellungsräume, Eingangshalle, Schalterhallen, Büros.

Einen wesentlichen Aspekt für die Sprachverständlichkeit in einem Raum stellt die sog. Nachhallzeit dar. Sie wird wie folgt definiert:

Die **Nachhallzeit  $T_{60}$**  oder auch einfach  $T$ , im Englischen meist *reverberation time (RT)*, ist die bekannteste Kennzahl der Raumakustik. Unter der Nachhallzeit versteht man das Zeitintervall, innerhalb dessen der Schalldruck in einem Raum bei plötzlichem Verstummen der Schallquelle auf einen Bruchteil, bei  $T_{60}$  auf den tausendsten Teil, seines Anfangswerts abfällt, was einer Abnahme des Schalldruckpegels von 60 dB entspricht.

Für die unterschiedlichen Räumlichkeiten der in der **DIN 18041:2016-03** definierten Gruppe A gelten unten aufgeführte Soll-Nachhallzeiten:



Ruhe (2003) berichtet von Messungen in 22 deutschen Klassenzimmern. In 13 Fällen lag die Nachhallzeit zwischen 1,01 und 1,95 Sekunden!

## Sprachübertragungsindex

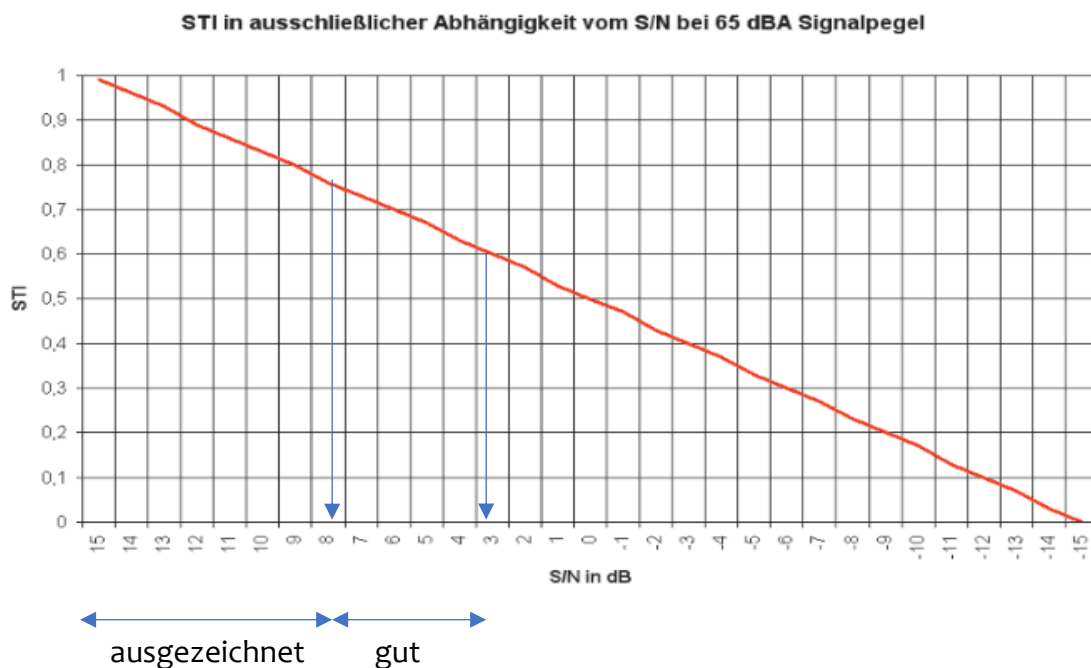
Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der sog. Sprachübertragungsindex (engl. speech transmission index), STI. Wikipedia definiert wie folgt:

„Der **Sprachübertragungsindex**, kurz **STI** (von englisch Speech Transmission Index), ist ein Maß für die Qualität, in der eine Übertragungsstrecke Sprache vom Sprecher zum Zuhörer überträgt. Als Übertragungsstrecke wird dabei eine akustische oder elektro-akustische Sprachsignal-Übertragung verstanden. Die Maßzahl STI beschreibt die zu erwartende Sprachverständlichkeit beim Zuhörer.

STI (Speech Transmission Index)



Skala zur Beurteilung des Sprachübertragungsindex



Auch hier ist erkennbar, dass für eine gute Sprachübertragung stets ein positiver Signal-Rausch-Abstand, SNR von mindestens + 4, besser noch > + 7 dB bestehen muss! Dies gilt auch für Schüler, die in den hinteren Reihen sitzen!

Sowohl die Nachhallzeit, als auch der Sprachübertragungsindex sind mit entsprechender Ausrüstung messbare Größen.

## Verbesserung der Sprachverständlichkeit anhand von Beschallungssystemen

In seinem Kommentar zur DIN 18041 von 2018 beschreibt Dr.rer.nat. Christian Nocke u.a.:

„DSP-gesteuerte Lautsprechersäulen für große Veranstaltungsräume gestatten eine starke Bündelung der abgestrahlten Schallenergie auf die Zuhörerebene bzw. mehrere Zuhörerebenen weitgehend gleichmäßig über den gesamten Frequenzbereich von Sprache. Sie ermöglichen damit – richtig eingesetzt – auch in raumakustisch ungünstigen Räumen eine gute Sprachverständlichkeit.“

In dieser Darstellung werden also typische Alltagssituationen wie Schulunterricht und Hörsaalsituationen (mehrere Zuhörerebenen) beschrieben.

### Lautsprecher müssen nicht laut sein!

Wie der Name schon vermuten lässt, assoziiert man „Lautsprecher“ immer mit Termini wie hohe Verstärkung und damit verbundenen hohen Schallpegeln. Dies trifft für sicherlich viele Lautsprechersysteme auch zu, da es sich hierbei häufig um sogenannte Kugelstrahler handelt. Auch für diesen Lautsprechertyp gilt das oben beschriebene Abstandsgesetz: Mit zunehmendem Abstand von der Lautsprechermembrane nimmt auch der Schalldruckpegel erheblich ab. Direkt am Lautsprecher wird der Schalldruckpegel oft als laut empfunden. Solche Systeme sind für eine Klassenzimmerbeschallung vollkommen ungeeignet.

### Wie kann Sprache oder andere Audioinformation übertragen werden, ohne laut zu sein?

Das gelingt nur mit einer Lautsprecheranordnung, die man als sog. line-array bezeichnet. Hier hat unter Federführung ihres Chefs Dr. Hans Mülder für Funkübertragungssysteme die damalige Phonak AG (heute Sonova AG) bereits im Jahr 2010 ein neuartiges Lautsprechersystem entwickelt, das heute weltweit in Bildungs-, Schulungs-, und Tagungseinrichtungen eingesetzt wird:

## Roger Dynamic SoundField, DSF



Was unterscheidet das Roger Dynamic SoundField von anderen, am Markt befindlichen Soundfield-Systemen?

**Definition eines Soundfields:** Ein Soundfield-System besteht aus einem kabellosen Mikrofon und einem oder mehreren Lautsprechern. Soundfield-Systeme heben die Referenzstimme über den Störschallpegel im Raum an.

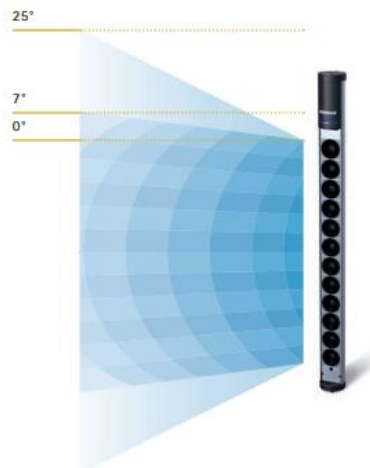
- Eines der signifikantesten Merkmale von Roger Dynamic SoundField ist sein dynamisches Verhalten. Die Aufgabe eines Soundfield-Systems ist es, die Spracherkennung im Klassenzimmer zu verbessern. Für optimales Hören, muss die Stimme der Lehrkraft klar verständlich sein. Empfangsstörungen machen das Verstehen oft schwierig und Lärm stellt das größte Problem überhaupt dar.
- Roger Dynamic SoundField-System überwacht kontinuierlich den Pegel des Hintergrundgeräusches im Klassenzimmer und passt seine Verstärkung dementsprechend automatisch an.
- In ruhigen Situationen, bei einem Lärmpegel unter 54 dB SPL im Klassenzimmer, liegt die Verstärkung des Volumens bei 6 dB ("Verstärkung" bezieht sich in diesem Fall auf eine Standard-Hörsituation in einem Standard-Klassenzimmer). Dies zielt auf einen Signal-Rausch-Abstand (SNR) von mindestens 12 dB ab. Bei niedrigeren Lärmpegeln ist der SNR höher. Zum Beispiel beträgt der SNR bei einem Lärmpegel von 44 dB SPL +20 dB. Das Sprachverstehen verschlechtert sich signifikant, wenn der SNR unter +10 dB fällt. Bei einem Lärmpegel von 54 bis 66 dB SPL im Klassenzimmer, wird die Verstärkung von Roger Dynamic SoundField automatisch erhöht, um einen SNR von +10 dB aufrecht zu erhalten. Dies ist wiederum für eine typische Klassenzimmersituation mit einer Nachhallzeit RT60 von 0,9 s gültig. Die maximale Verstärkung, die das System liefert, liegt bei 20 dB.
- Roger Dynamic SoundField benutzt eine digitale Funkübertragung bei 2.4 GHz. Diese Übertragungstechnologie wird Digital Modulation (DM) genannt
- Durch das automatische, schnelle Frequenzhopping werden Empfangsstörungen umgangen.
- Roger Dynamic SF kann neben einem Bluetooth-und WiFi-Netzwerk agieren.
- Es können so viele Roger Dynamic SoundField-Systeme in einer Schule installiert werden, wie benötigt.
- Eine Frequenzplanung – noch bei analoger Frequenzmodulation - ist nicht notwendig. Die Übertragung ist bidirektional und absolut abhörsicher.





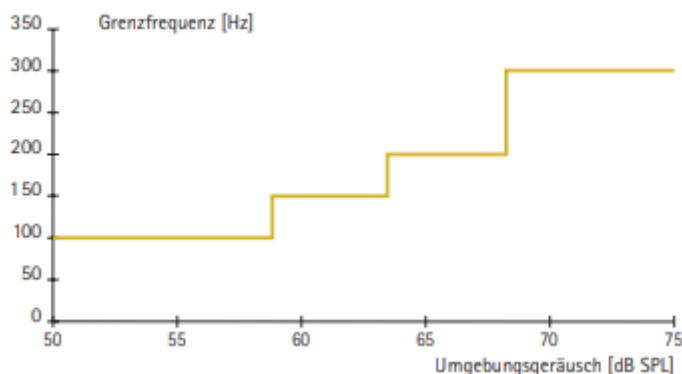
## Die Lautsprecheranordnung des Roger Dynamic Soundfields

Die Roger Dynamic SoundField DigiMaster 5000 Lautsprechereinheit bietet eine "linienförmige Quelle" von 12 miniaturisierten qualitativ hochwertigen Lautsprechern. Der maximale Durchschnittsausgangspegel liegt bei 89 dB SPL bei 1 m Entfernung (ohne erhöhte Lautstärkenkontrolle von bis +8 dB, einem Umgebungslärmpegel von >60 dB SPL und einem Sprechpegel von 75 dB SPL bei 1 m Entfernung) und der maximale Spitzenpegel bei 1 m beträgt 96 dB SPL. Die Höhe der Lautsprecherreihe beträgt 650 mm und der Abstand zwischen dem Zentrum der zwei angrenzenden Lautsprecher beträgt 54 mm.



Dieses Design hat den Effekt, dass die Lautsprecherreihe den Klang vorwiegend im horizontalen Bereich, mit einer guten horizontalen Streuung aber einer niedrigen vertikalen Streuung, ausstrahlt. Der vertikale Streuwinkel des Hauptklangfeldes bei 500 Hz beträgt  $\pm 25^\circ$  und bei 2000 Hz nicht mehr als  $\pm 7^\circ$ .

## Der Roger Dynamic Equalizer



In Ruhe klingt das gesamte Signal mit einem flachen, kombinierten Frequenzgang, bestehend aus dem Lautsprechersignal und der direkten Stimme der Lehrkraft, vollkommen natürlich. Um spätere Echos vom verstärkten Signal minimieren zu können, wurde ein Hochpassfilter, bei höherem Verstärkungspegel, hinzugefügt. Höhere Verstärkungspegel werden bei Lärm eingesetzt und Echos erhöhen Lärmpegel im Klassenzimmer. Dadurch ergibt die Einschränkung späterer Echos durch akustisches Filtern, bei höheren Verstärkungspegel, durchaus Sinn.

Die exakte Grenzfrequenz des Hochpassfilters hängt vom Umgebungsgeräusch ab. Für höhere Lärmpegel wird die abgeschnittene Frequenz von 100 Hz auf 300 Hz, in zwei Zwischenschritten, erhöht. Dadurch wird nicht nur das Echo limitiert, sondern der Schwerpunkt wird auf höhere für besseres Sprachverstehen gelenkt. Dies geschieht Dank der erhöhten Hörbarkeit der Konsonanten bei mittleren und höheren Frequenzen, und Dank der Einschränkung der Maskierung von hohen Frequenzen durch tiefere Töne. Die Eliminierung späterer Echos, die psycho-akustisch wie Lärm wahrgenommen werden, verbessert das Sprachverstehen.

Wichtig dabei ist, dass das Roger DigiMaster 5000-System auf Ohrhöhe der Zuhörer (Schüler, Studenten, Auditorium allgemein) Anwendung findet.

## Vorteile eines Roger Dynamic Soundfields

- Die Studie **Mainstream Amplification Resource Room Study (MARRS)** hat gezeigt, dass Beschallungssysteme Hintergrundgeräusche reduzieren und Kindern zu mehr Aufmerksamkeit und besserem Hören und Verstehen der Lehrer verhelfen. Zudem wurde bei Schülern in Klassenzimmern mit Soundfield Technologie eine Verbesserung der Punktwerte beim Lesen und Sprechen beobachtet.
- **Kompatibilität:** Das Roger Dynamic SoundField System mit dem Roger Touchscreen Mic ist das einzige digitale Beschallungssystem für Klassenzimmer, das mit zusätzlichen Mikrofonen und Empfängern verwendet werden kann.
- **Multimedia-Geräte** (z. B. TV, MP3-Player, Smartboards, Notebooks und Tablets) können ganz einfach mit dem Roger Multimedia Hub verbunden werden. Dieser überträgt die Signale drahtlos an die Roger DigiMaster Lautsprecher. Bei der Verwendung in einem

Netzwerk ermöglicht es die Audiomischungs-Funktion im Roger Multimedia Hub, die Stimme der Lehrkraft simultan mit einem Audiosignal zu hören.

- Inklusive Beschulung: Hörgeräte-, und CI-Träger können über das Roger Touchscreen-Mikrofon in das Roger Netzwerk eingebunden werden.
- Auch können zusätzliche Schülermikrophone (bis zu 35 Roger pass around) in das Netz eingebunden werden

## Der richtige Lautsprecher für jeden Raum

Das Roger SoundField bietet eine kristallklare Klangqualität im gesamten Raum – unabhängig von dessen Größe – und erleichtert das Hören, Konzentrieren und Lernen.

- Roger DigiMaster 5000 ist eine perfekte Lösung für Räume mit durchschnittlicher Größe. In Verbindung mit einem Roger SF Touchscreen Mic bietet dieses System die ultimative Klangleistung. Es ist für eine Fläche von bis zu 100 m<sup>2</sup> gedacht
- Roger DigiMaster 7000 ist das System der Wahl für größere Räume. Das System kann über größere Entfernungen übertragen und kann mit einem Netzwerk von zwei Lautsprechern verbunden werden, so dass die Reichweite eines DigiMaster 5000 verdoppelt wird. Es kann für Flächen bis zu 300 m<sup>2</sup> eingesetzt werden. Mit dem Roger Repeater kann jedoch die Reichweite großzügig erweitert werden.
- Der DigiMaster X Empfänger kann an ein bestehendes Beschallungssystem angeschlossen werden, damit jeder Zuhörer Sprache in der hohen Roger-Klangqualität genießen kann. Es kann auch ein Aufnahmegerät angeschlossen werden, um den Unterricht aufzunehmen.

Wir sind von der Qualität, der Robustheit und der einfachen Anwendung des Roger SoundFields absolut überzeugt. Das bestätigen uns auch unsere vielen Anwender aus ihren alltäglichen Erfahrungen. Die damit erreichbare Verbesserung in Sachen Sprach-, bzw. Audioübertragung bestärkt uns, für unser Ziel - Sprache möglichst ungestört, klar und deutlich übertragen zu können – weiterhin aktiv zu bleiben!

**Besser, leichter verstehen und damit lernen zu können, ist unser Handwerk!**

Ihr Team von

**iffland communication**

## Literatur:

- Nocke, Chr., Hörsamkeit in Räumen, Kommentar zu DIN 18041, Beuth Verlag 2018
- Jamieson D.G., Speech Intelligibility of Young School-Aged Children in the Presence of Real-Life Classroom Noise, July 2004 Journal of the American Academy of Audiology
- McCreery, R., Ito, R., Spratford, M., Lewis, D., Hoover, B., & Stelmachowicz, P. (2010). Performance–intensity functions for normal-hearing adults and children using computer-aided speech perception assessment. *Ear & Hearing*, 31, 95-101
- Neuman, A., Wroblewski, M., Hajicek, J., et al. (2010). Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal hearing children and adults. *Ear & Hearing*, 31, 336–344.
- Neuman, A., & Hochberg, I. (1983). Children’s perception of speech in reverberation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73, 2145–2149.
- Wroblewski, M., Lewis, D., Valente, D., et al. (2012). Effects of reverberation on speech recognition in stationary and modulated noise by school aged children and young adults. *Ear & Hearing*, 33, 731–744.
- Klatte, M., Hellbruck, J., Seidel, J., & Leistner, P. (2010). Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children. *Environment & Behavior*, 42, 659-692.
- Shield, B., & Dockrell, J. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 44–133. doi:10.1121/1.2812596.
- Yang, W., & Bradley, J. S. (2009). Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 922–933
- Boothroyd, Arthur (2004) Room Acoustics and Speech Perception, Seminars in Hearing 2004, Thieme Verlag
- Bormann, V., Fuder, F., & Heinecke-Schmitt, R., Hörminderung und Sprachverständlichkeit in unterrichtstypischen Situationen in Hören in Schulen, BIS-Verlag 2003
- Spreng, Manfred (2003) Die Wirkung von Lärm und unerwünschten Geräuschen auf die Sprachentwicklung von Kindern, Hören in Schulen, BIS-Verlag 2003
- Mülder, Hans (2010) Phonak White paper, Dynamic Soundfield
- Mainstream Amplification Resource Room Study (2018) Quelle:  
<http://www.classroomhearing.org/research/marrsStudy.html>,
- Elliot LL, Connors S, Kille E, Levin S, Ball K, Katz D. (1979) Children’s understanding of monosyllabic nouns in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am* 66:12–21.
- CC Crandell, JJ Smaldino (2002) Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment, ASHAwire