

## Planung und Auslegung von Sprachalarmierungsanlagen mit Ulysses

Dieter Michel

Ziel des Einsatzes einer Sprachalarmierungsanlage (SAA) ist es, im Gefahrenfall klare und gut verständliche Sprachdurchsagen sicherzustellen, so dass sich Personen in einem Gebäude oder auf einem Areal zuverlässig orientieren und in Sicherheit bringen können. Naturgemäß bemisst sich die Qualität einer Sprachalarmierungsanlage nicht an technischer Komplexität oder reiner Lautstärke, sondern in erster Linie an der erreichbaren Sprachverständlichkeit in möglichst allen Bereichen, in denen sich Personen aufhalten können. Diese hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem der Raumakustik, den verwendeten Lautsprechersystemen und natürlich der Konzeption, die der SAA zugrunde liegt. Teil der Planung einer solchen Anlage ist auch die Überprüfung des Konzepts durch Simulation und anschließende Verifizierung durch Messungen am installierten System.

### Raumakustik und Lautsprecher

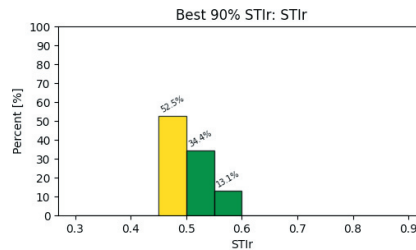
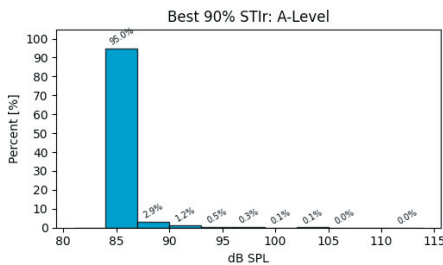
Am Anfang jeder Projektierung steht die Festlegung der Schutzziele und des Wirkungsumfangs der Anlage. Grundlage sind die bekannten Randbedingungen des Gebäudes und der Nutzung sowie eine Risikobewertung. So unterscheiden sich etwa die Anforderungen in einem Bürogebäude deutlich von denen in einem Industriearéal oder in einem Tunnel, um einmal ein extremes Beispiel zu nennen. Auf dieser Basis wird also festgelegt, welche Bereiche mit welchen

Schutzzielen abgedeckt werden müssen und welche Anlagenkomponenten erforderlich sind.

Ein zentraler Faktor für die Erfüllung dieser Ziele ist die Raumakustik. Räume mit langen Nachhallzeiten, unerwünschten, starken Schallreflexionen oder ungünstiger Geometrie (etwa schallfokussierende Strukturen wie Kuppeln oder Tonnengewölbe) können die Sprachverständlichkeit erheblich beeinträchtigen. Ein großer Anteil an schallharten Oberflächen wie Glas, Beton oder Metall kann sich

auch ungünstig auswirken. Daher ist es wichtig, bereits in der Planungsphase die akustischen Eigenschaften des Raumes zu berücksichtigen. Gegebenenfalls müssen Vorkehrungen zur Verbesserungen der akustischen Eigenschaften, etwa durch absorbierende Materialien oder bauliche Maßnahmen, in das Konzept einbezogen werden.

Die Elektroakustik von Sprachalarmierungsanlagen unterscheidet sich von herkömmlichen Beschallungsanlagen. Während diese oft auf Musikwiedergabe und Aspekte wie Klangtreue oder „kraftvollen Sound“ ausgelegt sind, liegt bei einer SAA der Fokus auf optimaler Sprachverständlichkeit. Dazu gehören Lautsprecher mit definierter Richtcharakteristik, die gezielt auf die Hörerflächen ausgerichtet werden. Auch die Auswahl des passenden Lautsprechertyps – ob Deckenlautsprecher, Wandlautsprecher oder Systeme mit stärkerer Richtwirkung – spielt eine wesentliche Rolle.



### Auswertungen (Pegel, STI) der physikalischen Simulation

Vor diesem Hintergrund erfolgt die Auswahl und Platzierung der Anlagenkomponenten. Nur wenn Lautsprecherart, -anzahl und -positionen auf die akustischen Gegebenheiten abgestimmt sind, kann die Anlage die zuvor definierten Schutzziele zuverlässig erfüllen.

### Simulation

Die reine Planung auf Papier reicht heute nicht mehr aus, um die Wirksamkeit einer SAA sicherzustellen. Hier kommt die Computersimulation ins Spiel. Mit spezieller Software lassen sich die akustischen Verhältnisse eines Raumes modellieren und auch Erwartungswerte für die spätere Sprachverständlichkeit vorhersagen. Im Mittelpunkt stehen dabei Kenngrößen wie der Speech Transmission Index (STI), der mit dem vereinfachten Verfahren STIPA auch gut messtechnisch erfasst werden kann. Der Speech Transmission Index soll quantitativ beschreiben, wie verständlich Sprache in einem Raum wiedergegeben wird. STIPA ist dabei ein praxisnahes, schnell durchführbares Messverfahren, das gegenüber dem (kompletten) STI eine vereinfachte Berechnung ohne zu große Abweichungen der Ergebnisse bietet und daher in der Praxis am häufigsten Anwendung findet.

Die Simulation erfolgt in drei Schritten:

- Erfassung der raumakustischen Ausgangssituation
- Modellierung der elektroakustischen Anlage mit den vorgesehenen Lautsprechern
- Schallausbreitungs- / Schallfeld- und Kenngrößenberechnungen, um das Zusammenspiel von Raum und Anlage zu ermitteln

Unterschiedliche Szenarien – etwa abweichende Lautsprecherpositionen oder

verschiedene Raumkonzepte – können so in der Planungsphase getestet werden. Dadurch lassen sich kostspielige Fehlplanungen vermeiden und gleichzeitig die Normkonformität nachweisen.

### Auswertung nach DIN 0833-4

Die Auswertung der Simulationsergebnisse muss im Einklang mit den geltenden Normen erfolgen. Zentral ist hier die DIN 0833-4, die Anforderungen an Sprachalarmierungsanlagen definiert. Sie schreibt vor, dass in allen relevanten Bereichen die geforderte Sprachverständlichkeit erreicht wird und dies durch geeignete Verfahren überprüfbar sein muss.

Das hier geschilderte Procedere klingt zunächst einmal unkompliziert und geradlinig. Die meisten Simulationsprogramme bieten die Möglichkeit einer Berechnung des STI aus den Lautsprecherdaten und den Eigenschaften des Raums – und können auch Faktoren wie Störgeräusche, Sprachpegel, Crestfaktor sowie Verdeckung und Hörschwelle berücksichtigen.

Eine problematische Situation entsteht dann, wenn die aus der Simulation berechneten STI-Werte nicht den Zielvorstellungen bzw. den Vorgaben für eine Sprachalarmierungsanlage entsprechen. Die Simulation hat zwar die oben genannten Faktoren in die Berechnung einbezogen, es ist aber nicht klar, welche Faktoren den größten Einfluss auf den gerade berechneten STI haben – Maskierung, Störgeräusche, oder hat im betreffenden Fall doch das Lautsprecherkonzept den größten negativen Einfluss und muss geändert werden?

Viele Programme erlauben es zwar, verschiedene Parameter zu variieren, es ist aber nicht von vornherein klar, welcher davon den größten Nutzen bringt, also den STI spürbar in Richtung bessere Werte verändern kann. Je nach akustischer Ausgangssituation ist dieses Problem oft auch nicht intuitiv lösbar, d.h. eine probeweise Variation einiger Parameter kann vielleicht eine Veränderung bewirken, aber nicht notwendigerweise eine Verbesserung. So kann Verwirrung entstehen, welche Maßnahmen überhaupt sinnvoll sind. Die Frage beispielsweise, ob ein neues Lautsprecherkonzept die gewünschte Verbesserung bringen wird, lässt sich so also nicht so einfach beantworten – ein entsprechender Versuch erzeugt aber möglicherweise erheblichen Arbeitsaufwand für eine erneute Simulation.

### Ulysses

Die aktuelle Version der Planungssoftware Ulysses geht hier einen etwas anderen Weg, um diese komplexe Situation zu entwirren. Ulysses unterscheidet dabei zwischen einem „physikalischen STI“, der ausschließlich durch Lautsprecherkonzept und Raumakustik bestimmt wird, und der normativ erweiterten STI-Auswertung, in die zusätzlich hörbezogene Faktoren wie Verdeckung, Hörschwelle, Störgeräusche, Sprachpegelanpassung und Crestfaktor einfließen.

Bei der Gelegenheit wurde der Algorithmus zur Berechnung des Speech Transmission Index (STI) vollständig an die gültige Norm IEC 60268-16:2021 und insbesondere das kürzlich veröffentlichte Corrigendum (COR1) zu dieser Norm angepasst, das auf Anregung von IFB erarbeitet wurde. Die Bedienung und Benutzeroberfläche von Ulysses entsprechen im wesentlichen den Vorversionen.

Das „physikalische“ Ergebnis für den STI beschreibt nun sozusagen den Best-Case, also die beste Sprachverständlichkeit, eine Anlage mit einem gegebenen Lautsprecherkonzept unter optimalen Bedingungen erreichen kann. Teil dieses „physikalischen STI“ sind auch die

sogenannten Redundanz-Korrekturfaktoren, die empirisch den Einfluss benachbarter Oktavbänder beschreiben. Dadurch ergibt sich eine realistischere Abbildung der Sprachverständlichkeit, die aber immer noch als Teil des „Best-Case“ zu verstehen ist, denn die Ergebnisse sind eindeutig auf die Anlage selbst zurückzuführen. Sie sollten also in einer Situation ohne Störeinflüsse auch reproduzierbar physikalisch nachmessbar sein.

Der auf diese Weise zunächst berechnete „physikalische STI“ ist also eine Eigenschaft der Auslegung der Sprachalarmierungsanlage und der raumakustischen Randbedingungen, liefert also eine Aussage darüber, ob das simulierte Lautsprecherkonzept unter idealen Bedingungen die gewünschten STI-Werte liefern könnte oder ob es schon in diesem Stadium der Planung ein Problem gibt.

Abweichungen von diesem Best-Case entstehen dann durch die normgerechte Bewertung weiterer Einflüsse, etwa von Störgeräuschen. Dieses Vorgehen soll Planern eine klare Trennung ermöglichen: Einerseits erkennen sie, wie leistungsfähig ihre Anlagenkonzeption sein kann, andererseits können sie im nächsten Schritt nachvollziehen, wie Störfaktoren im realen Betrieb die Werte verschlechtern.

Grundsätzlich ist diese Trennung der Berechnung des STI auch in der IEC 60268-16:2021 vorgesehen. Die STI-Messung erfolgt nach der Norm ohne Störgeräusche, deren Berücksichtigung durch entsprechendes separates Postprocessing der STI-Werte.

Das ist so auch sinnvoll, weil die STI-Messungen fast nie mit denjenigen Störgeräuschen – und schon gar nicht

reproduzierbar – durchgeführt werden können, die im Alarmierungsfall auftreten würden.

Daher ist es erfahrungsgemäß generell besser, mit genügend Signalpegel bzw. Störabstand (>15dB) zu messen und alle pegelabhängigen Einflüsse auszuschalten. Damit hat man auch reproduzierbare Verhältnisse für Messung und Simulation, entsprechend also auch Messwerte, die man immer wieder auch zu anderen Zeiten nachmessen und mit der Simulation vergleichen kann..

### Paul

An die Berechnung des physikalischen STI schließt sich also eine normgerechte Auswertung an. Dafür wurde die zusätzliche Software ‚Paul‘ entwickelt. Ulysses exportiert für die Auswertung die berechneten STI-Werte, die dann in Paul importiert und dort mit weiteren, einstellbaren

Parametern verarbeitet werden können. Der Anwender kann beispielsweise Störgeräusche in Oktavbändern eingeben, das Sprachspektrum berücksichtigen, Verdeckungseffekte aktivieren oder einen Crestfaktor anwenden. Auf dieser Grundlage erstellt Paul eine detaillierte Analyse mit Signalpegeln, Störpegeln, Signal-Rausch-Abständen und statistischen Auswertungen. Dazu gehören Mittelwerte, Minimum- und Maximumwerte sowie Histogramme, die die Verteilung der Verständlichkeitswerte darstellen.

Besonders berücksichtigt wird auch die neue DIN 0833-4, die eine Bewertung der besten 90 % aller Messpunkte vorsieht. Damit lässt sich feststellen, ob die Mehrheit der Hörerplätze eine ausreichende Sprachverständlichkeit erreicht. Diese Funktion ist direkt in Paul implementiert.

Störgeräuschpegel (Ln) je Band [dB SPL]:

125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Z-Störgeräuschpegel: 68.6 dB
60.0	62.0	65.0	60.0	55.0	50.0	42.0	A-Störgeräuschpegel: 65.2 dB

A-Störgeräuschpegel: 65.2 dB    -1 dB    +1 dB

Eingangssignal: ☒ Sprachspektrum (nach DIN 60268-16:2021)    Hörbezogene Aspekte: ☒ Maskierung    Störgeräusche: ☒ berücksichtigen

Crest Faktor: ☐ kein (Sinus)    ☒ Hörschwelle

☒ 9 dB (komprimierte Sprache)

☐ 12 dB (unkomprimierte Sprache)

Importieren und Analysieren    Abbrechen    Progress: 0 / 0

Histogramme anzeigen

\*\*\* PAUL v1.07, Post processing App for ULYSSES, - Zusammenfassung: Best 90% of STIr \*\*\*

Dateien:

- Demo.csv

Testpunkte: 2885

Sprachspektrum (nach DIN 60268-16:2021): Ja

Crest Faktor: 9 dB

Maskierung: Ja

Hörschwelle: Ja

Störgeräusche berücksichtigt: Ja

MTI-Bewertungsfaktoren: männlich

Frequenzabhängige Pegelbetrachtung:	125	250	500	1000	2000	4000	8000 Hz
Signalpegel in dB (Mittelwert):	80.1	89.5	86.9	82.4	74.6	64.4	49.6
Störgeräuschpegel in dB:	60.0	62.0	65.0	60.0	55.0	50.0	42.0
Signal-Stör-Abstand in dB:	20.1	27.5	21.9	22.4	19.6	14.4	7.6

Signalpegel:

Min = 92.1 dB(Z) / 87.4 dB(A)

Max = 93.4 dB(Z) / 88.8 dB(A)

Mittel = 92.2 dB(Z) / 87.6 dB(A)

Störgeräuschpegel:

68.6 dB(Z) / 65.2 dB(A)

Sprachübertragungsindex (STIr):

Min = 0.529

Max = 0.620

Mittel = 0.556 (SD=0.024)

STIr ≥ 0.40: 100.0%

STIr ≥ 0.45: 100.0%

STIr ≥ 0.50: 100.0%

MTI Mittelwert je Oktavband:	125	250	500	1000	2000	4000	8000 Hz
	0.537	0.559	0.526	0.550	0.557	0.591	0.568

## Auswertung der STI-Ergebnisse nach Norm nach Vorgabe wählbarer Randbedingungen

Ein zentrales Ergebnis der neuen Vorgehensweise: Für die eigentliche Anlagenplanung sind nur die raum- und lautsprecherbezogenen Faktoren entscheidend. Alle weiteren Einflüsse wie Störpegel oder Maskierung sind zwar relevant für die normative Endbewertung, verändern jedoch nicht das Grundkonzept der Anlage. Praktisch bedeutet das: Die Qualität einer Konzeption lässt sich bereits anhand des physikalischen STI beurteilen.

Gleichzeitig wird deutlich, dass Störgeräusche („Noise“) einen enormen Einfluss auf die Verständlichkeit haben. Werden sie realistisch in die Bewertung einbezogen, können selbst gut geplante Anlagen formal nur sehr schlechte STI-Werte erreichen. Dies gilt besonders für die höheren Frequenzbänder bei vier und acht Kilohertz, wo die effektiven Nutzpegel durch Crestfaktor und Bewertung des Sprachspektrums stark reduziert werden. In der Folge sinken dort die Signal-Störgeräusch-Abstände und die MTI-Werte (Modulation Transmission Index) fallen dramatisch ab.

Vorteil dieses Verfahrens für die Planung: Die Kombination aus Ulysses und Paul erlaubt eine klare Trennung zwischen der eigentlichen Anlagenperformance und der normativen Bewertung. Planer erhalten damit ein Werkzeug, das sowohl eine sichere Auslegung, als auch eine nachvollziehbare Dokumentation der Ergebnisse ermöglicht.

## Messtechnische Überprüfung

Doch auch die beste Simulation ersetzt keine praktische Ergebniskontrolle. Nach der Installation und Inbetriebnahme sind deshalb Messungen erforderlich. Dabei wird überprüft, ob die tatsächlich erzielten Werte mit den geplanten übereinstimmen. Diese Messungen erfolgen mit definierten Prüfsignalen und erfassen sowohl Pegel als auch Sprachverständlichkeit.

Die Kontrolle umfasst:

- die Signalpegel, die deutlich über dem Störgeräusch liegen müssen
- die Analyse von Störgeräuschen, die etwa durch Maschinen, Lüftungen oder Verkehr entstehen
- die Maskierungseffekte, bei denen Hintergrundgeräusche Sprachanteile im gleichen Frequenzbereich überdecken
- sowie die Überprüfung der tatsächlichen Nachhallzeit, die in vielen Räumen die größte Herausforderung darstellt

Nur wenn diese Parameter innerhalb der zulässigen Grenzen liegen, gilt die Anlage als normkonform und betriebssicher.

## Installation und Inbetriebnahme

Bei der Umsetzung sind neben der akustischen Qualität auch technische und normative Anforderungen einzuhalten. Dazu zählen eine ausfallsichere Verkabelung, eine redundante Stromversorgung und die Berücksichtigung der Brandlastminimierung. Eine saubere Dokumen-

tation der Projektierung, Montage und Inbetriebsetzung ist ebenso notwendig wie eine regelmäßige Wartung und wiederkehrende Prüfungen.

Die Installation ist damit mehr als ein technischer Vorgang: Sie ist die Schnittstelle, an der sich zeigt, ob die theoretische Planung, die Simulation und die normativen Anforderungen in der Praxis zusammenpassen. Erst mit der Abnahme durch Messungen und Prüfprotokolle kann die Anlage als einsatzbereit gelten.

## Fazit

Die Sprachverständlichkeit einer Sprachalarmierungsanlage ist das Ergebnis eines ganzheitlichen Prozesses. Raumakustik, Lautsprecher-technik, Simulation und normgerechte Auswertung greifen ineinander und müssen von Beginn an konsequent berücksichtigt werden. Das strukturierte Vorgehen in drei Schritten – Analyse der akustischen Bedingungen, Simulation der Anlage, Auswertung nach Norm – bietet die notwendige Sicherheit in der Planung und späteren Umsetzung.

Erst wenn die Anlage sowohl in der Simulation als auch in der Praxis durch Messungen nachweislich die geforderten Werte erreicht, ist sie im Ernstfall in der Lage, ihren entscheidenden Beitrag zur Sicherheit von Menschen zu leisten: klare, verständliche und unverwechselbare Durchsagen, die Leben retten können.



Raumakustik | Elektroakustik | AV-Medientechnik

### Unabhängige Planung und Beratung

- Neubauten, Umbauten und Modernisierung
- Kurzanalysen und Machbarkeitsstudien
- B2B - Unterstützung für Kolleginnen und Kollegen
- Beraten | Entscheiden | Handeln

Nutzen Sie unsere Erfahrung und fordern Sie ein kostenloses und unverbindliches Angebot an unter [www.ifbcon.de](http://www.ifbcon.de)



ULYSSES 2.90 | Raum- und Elektroakustik Simulation

### einfach - schnell - genau

- Keine spezielle Hardware nötig
- Extrem schnelle Modellerstellung und Berechnung
- Für Beschallungsanlagen, SAA und ENS
- Crash-Kurs inbegriffen

Kostenlose Demoversion unter [www.ifbsoft.de](http://www.ifbsoft.de)

