

Lärmmessungen auf der Intensivstation

M. Guski¹, R. Scharrer¹, M. Czaplik², R. Rossaint², M. Vorländer¹

¹ Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen, 52066 Aachen, Deutschland, Email: mgu@akustik.rwth-aachen.de

² Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinik der RWTH Aachen, 52074 Aachen, Deutschland, Email: mczaplik@ukaachen.de

Einleitung

Auf der Intensivstation eines Krankenhauses herrschen hohe Lärmpegel [1]. Diese sind auf den hohen Einsatz von technischen Geräten und häufige pflegerische und ärztliche Maßnahmen zurückzuführen.

In einem derzeit durchgeführten Forschungsprojekt soll der Zusammenhang von Lärm und objektiv messbaren Stressparametern (wie z.B. Cortisolspiegel, Herzfrequenzvariabilität oder Blutdruck) untersucht werden. Neben dem üblichen (bewerteten) Schalldruckpegel sollen auch psychoakustische Parameter wie Lautheit und Schärfe sowie weitere Einflussfaktoren, zum Beispiel die Anzahl von lauten Ereignissen, ausgewertet werden.

Aufnahmetechnik

Als Aufnahmegerät dient ein iPod touch von Apple. Dieser bietet genug Speicherplatz um 8 Tage Aufnahmen mit einer Abtastrate von 44100 Hz zu speichern. Im Gegensatz zu herkömmlichen Lärm-Dosimetern bietet diese Lösung den Vorteil, dass die Rohdaten vollständig gespeichert werden und so eine hohe Flexibilität bei den Analysen und deren Parametern gegeben ist. Als Mikrofon wird eine KE4 Kapsel von Sennheiser verwendet, welche vor den Messungen kalibriert wurde. Für die Messungen stehen mehrere iPods zur Verfügung, wodurch es möglich ist gleichzeitig an mehreren Messpunkten aufzunehmen und so ein örtliches Profil der Lärmbelastung zu erstellen.

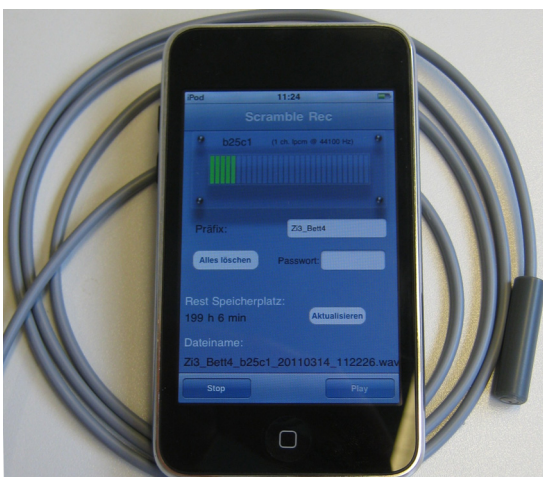


Abbildung 1: iPod touch von Apple mit eigener Aufnahme-Software und Mikrofon

Durch die Möglichkeit zur Programmierung von eigener Software ist es möglich, Signalverarbeitung direkt auf dem iPod durchzuführen (siehe folgender Abschnitt).

Verfremdung

Auf einer Intensivstation halten sich in der Regel neben mehreren Patienten auch Ärzte und Pflegepersonal auf. Um die Privatsphäre aller Anwesenden und die ärztliche Schweigepflicht zu schützen muss sichergestellt werden, dass zu keiner Zeit Aufnahmen gespeichert werden in denen der Inhalt der Gespräche verständlich ist.

Aus diesem Grund wird vor der Speicherung der Zeitdaten eine Verfremdung durchgeführt, welche ähnlich zum Ansatz von Fastl [2] arbeitet. Dazu wird aus überlappenden Blöcken des Zeitsignals das Spektrum berechnet. Der Betrag des Spektrums wird mit einer zufällig erzeugten Phase kombiniert und wieder zurück in den Zeitbereich transformiert. Die derart entstehenden Zeitblöcke werden mit der entsprechenden Überlappung wieder zusammengefügt und als kontinuierliches Zeitsignal gespeichert (siehe Abbildung 2). In diesem Signal sind die Gespräche nicht mehr verständlich, sofern die Blockgröße geeignet gewählt wurde.

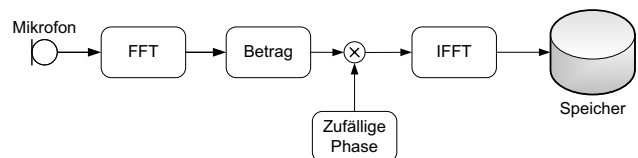


Abbildung 2: Blockschaltbild des Verfremdungsalgorithmus

Ein Vergleich der Spektrogramme des ursprünglichen und des verfremdeten Signals zeigt, dass die Unterschiede klein sind, solange die Blockgröße des Spektrogramms größer ist als die Blockgröße der Verfremdung. Jede Analyse welche auf Spektren basiert und welche die Bedingung für die Analyseblockgröße erfüllt, wird demnach nicht von der Verfremdung beeinträchtigt. Die entstehende Begrenzung der zeitlichen Auflösung der Analysen ist für das Forschungsprojekt nicht von Bedeutung, da bei der Auswertung von Langzeitmessungen (bis zu einer Woche Aufnahmezeit) eine hohe Zeitauflösung keinen Vorteil bringt.

In Abbildung 3 ist die zeitabhängige Lautheit einer Originalaufnahme und der verfremdeten Aufnahme dargestellt. Die Verläufe stimmen generell gut überein, lediglich bei sehr schnellen Änderungen der Lautheit ergeben sich kleine Abweichungen. Diese Fehler nehmen mit steigenden Zeitkonstanten der Analyse ab und sind bei den hier verwendeten Zeiten von $t \geq 60$ s vernachlässigbar.

Analysen bei welchen feine zeitliche Strukturen eine Rolle spielen, wie z. B. bei der Rauigkeit und der Schwankungsstärke, können allerdings nicht mehr durchgeführt

werden, wenn die Verfremdungsblockgröße so gewählt wird, dass die Unverständlichkeit garantiert wird.

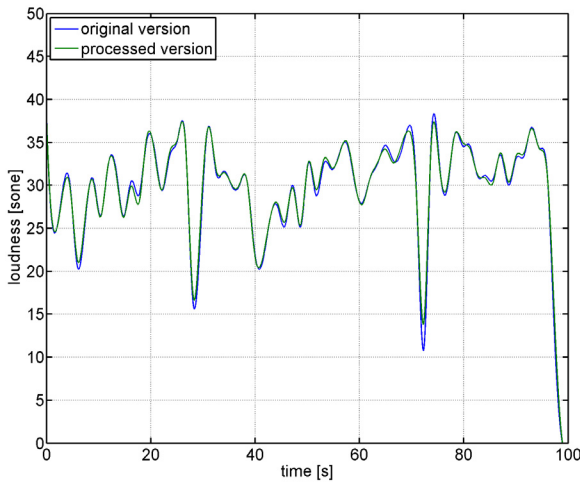


Abbildung 3: Verlauf der zeitabhängigen Lautheit der Originalaufnahme (blau) und der verfremdeten Version (grün)

Auswertung

Die Auswertung wurde mit der ITA-Toolbox [3] ausgeführt und umfasst die Berechnung des Schalldruckpegels, des A-bewerten Schalldruckpegels, der zeitvarianten Lautheit (nach DIN 45631/A1) und der Schärfe (nach DIN 45692).

Eine weitere Analyse bestimmt die Anzahl lauter Ereignisse. Dabei wird der Gewöhnungseffekt des Menschen an eine laute Umgebung nachgebildet: Der Zeitpunkt t_0 gilt als „laut“, wenn die Lautheit größer ist als das 95. Perzentil der letzten Δt Minuten. Analog wurden durch das 98. Perzentil „sehr laute“ Ereignisse definiert.

Die Analysen werden mit unterschiedlichen Zeitkonstanten Δt durchgeführt, um durch eine Korrelationsanalyse mit den medizinischen Stressindikatoren eine geeignete Abschätzung für die Gewöhnungskonstante Δt zu finden. Ereignisse die weniger als eine definierbare Zeitkonstante (welche entsprechend der Verfremdungs-Blockgröße gewählt wird) auseinander liegen werden dabei als ein Ereignis gewertet. Neben der Auswertung der extremen Ereignisse für die zeitabhängige Lautheit, wurde diese Analyse auch für die Schärfe, den A-bewerteten und den unbewerteten Schalldruckpegel durchgeführt.

Alle Analyseergebnisse werden in unterschiedlichen Zeitblöcken zusammengefasst um mit den medizinischen Aufzeichnungen verglichen werden zu können.

In Abbildung 4 ist beispielhaft ein Teil der Analyseergebnisse für eine Nachtmessung dargestellt, wobei hier die Ergebnisse zu 15-Minuten-Blöcken zusammengefasst wurden. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der lauten Ereignisse teilweise deutlich vom zugrundeliegenden Parameter abhängt.

Ausblick

Aus versuchstechnischen Gründen liegen die medizinischen Ergebnisse erst nach dem Ende der aktuellen

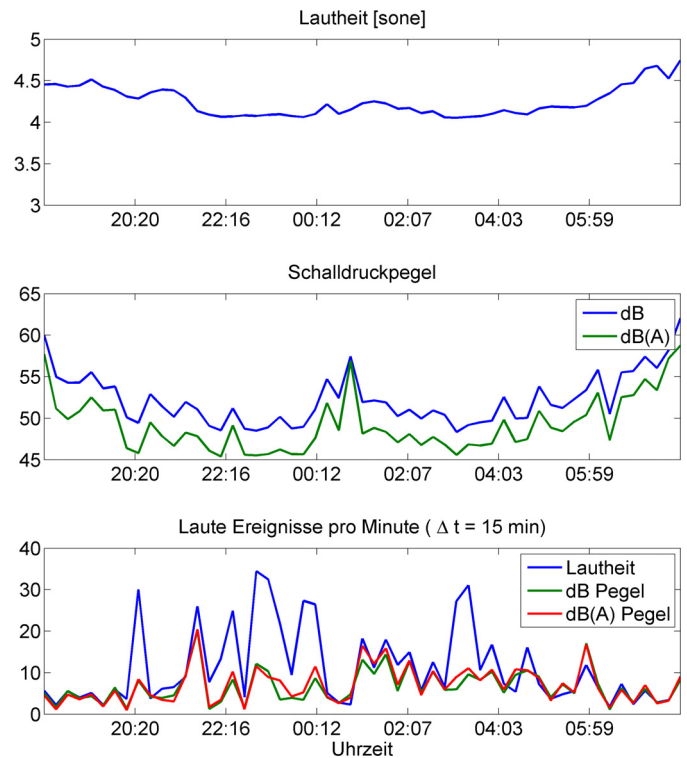


Abbildung 4: Auswertung der einer Nachtaufnahme: Lautheit, Schalldruckpegel und Anzahl der lauten Ereignisse (95. Perzentil) berechnet aus der Lautheit

Messphase vor. In einer Korrelationsanalyse kann dann der Zusammenhang zwischen den verschiedenen akustischen Parametern und den medizinischen Indikatoren für Lärm untersucht werden. Des Weiteren soll ein örtliches Profil der Intensivstation erstellt werden. Die zeitlichen Lärmprofile umfassen neben den Unterschieden zu verschiedenen Tageszeiten auch Differenzen zwischen den Tagen einer Woche.

Zudem wird derzeit untersucht, inwieweit eine Datenreduktion direkt auf dem iPod vorgenommen werden kann. Dies hätte zum einen den Vorteil, dass die Aufnahmen bezüglich ihres Speicherbedarfs handhabbarer werden und zum anderen kann damit die Verfremdung und die damit entstehende zeitliche Verwischung vermieden werden. Darüber hinaus wäre es möglich weitere Analysen, wie z.B. Rauigkeit oder Schwankungsstärke, durchzuführen, welche momentan durch die Verfremdung verfälscht werden.

Literatur

- [1] Busch-Vishniac, et al.: Noise levels in Johns Hopkins Hospital, JASA Vol. 118
- [2] Fastl H.: Neutralizing the meaning of sound for sound quality evaluations. Proc. 17th International Congress on Acoustics (2001)
- [3] Dietrich P. et al.: MATLAB Toolbox for the Comprehension of Acoustic Measurement and Signal Processing, Fortschritte der Akustik - DAGA 2010