

# Studie des INRS – Eine Zusammenfassung

## *Testing of commercially available systems for hearing protector based on individual fit testing*

N. TROMPETTE, A. KUSY – Sept. 2013

**Gwenolé NEXER**

[g.nexer@HearingProTech.com](mailto:g.nexer@HearingProTech.com)

Sept. 2013

Übersetzung aus dem Französischen

Es ist heute allgemein bekannt, Normentexte eingeschlossen, dass die Dämmung von persönlichem Gehörschutz, die im Labor gemessen und von Herstellern angegeben wird, immer höher ist als bei tatsächlicher Benutzung. Es können große Abweichungen bestehen (KUSY, 2008).

Gewisse Länder empfehlen eine Untergewichtung der Dämmwerte, indem die Art des Gehörschutzes, die Frequenzen etc. berücksichtigt werden. Andere gehen weiter, wie Deutschland, das eine Wirksamkeitsprüfung der Gehörschützer bei ihrer Einführung fordert.

Mehrere Systeme zur Messung der Wirksamkeit wurden in den letzten Jahren entwickelt, um dieser immer stärkeren Anfrage unterschiedlicher Stellen eine Antwort geben zu können. Das CAPA-System, das von TheHearingProtection entwickelt wurde, ist Teil dieser Studie.

Diese Systeme wurden mit unterschiedlichen Grundlagen und Prinzipien entwickelt, sodass es wichtig erschien, deren Zuverlässigkeit, ob ein persönlicher Gehörschutz wirksam und konform ist, zu überprüfen.

Das INRS (*Institut National de Recherche et de Sécurité*) hat eine Studie verfasst (TROMPETTE & KUSY, 2013), in der vier Systeme, die es auf dem Markt gibt, auf ihre Zuverlässigkeit getestet wurden. Zwei von ihnen wurden als zuverlässig eingestuft, die beiden anderen jedoch nicht.

**Kontrolle der Wirksamkeit von persönlichem Gehörschutz E-104.1**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DIE GETESTETEN SYSTEME</b>	<b>3</b>
2.1	EARFIT	4
2.2	Svantek SV102	4
2.3	VeriPRO	4
2.4	CAPA	5
<b>3</b>	<b>DAS TESTPROTOKOLL</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>6</b>
4.1	Svantek SV102	6
4.2	EARFIT	6
4.3	VeriPRO	7
4.4	CAPA	7
<b>5</b>	<b>BILANZ DER AUTOREN DER STUDIE</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>BILANZ DES AUTORS DIESER ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>10</b>
6.1	Was können wir aus dieser Studie für eine Erkenntnis ziehen?	10
6.2	EARFIT	10
6.3	CAPA	11
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>12</b>

# 1 Einleitung

Persönliche Gehörschützer werden im Labor, während der CE-Zertifizierung gemäß der REAT-Methode ISO 4869-1, gemessen. Diese Methode, die unter optimalen Bedingungen durchgeführt wird, ermöglicht eine gute Wiederholbarkeit sowie die Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Die Dämmergebnisse, die vom Hersteller angegeben werden, sind optimale Dämmwerte und können somit auf dem Feld kaum wiedergegeben werden. Durchschnittliche Abweichungen wurden im Laufe unterschiedlicher Studien, die in einer bibliographischen Studie zusammengestellt wurden (KUSY, 2008), ermittelt. Diese variieren zwischen 7 und 22 Dezibel je nach Art des persönlichen Gehörschutzes. Die extremen Abweichungen (22 dB) betreffen zu formende Stöpsel: ein Benutzer, der mit einem zu formenden Stöpsel ausgestattet ist und dessen theoretischer Dämmwert bei 30 dB (SNR) liegt, würde in Wirklichkeit einen Dämmwert von 8 dB bzw. einen Wirksamkeitsverlust von 73% haben.

Es ist somit wichtig, den persönlichen Gehörschutz jedes einzelnen Benutzers auf seine Wirksamkeit in situ zu überprüfen, damit sichergestellt wird, dass der Benutzer ausreichend vor Lärm geschützt ist. Dies ist das Ziel der Systeme, die die Wirksamkeit von persönlichem Gehörschutz überprüfen.

## 2 Die getesteten Systeme

Vier Systeme, die auf dem Markt zur Verfügung stehen, wurden unter Laborbedingungen geprüft, um die Leistung von acht unterschiedlichen persönlichen Gehörschützern zu überprüfen: zwei Kapselgehörschützer, zwei vorgeformte Stöpsel, zwei zu formende Stöpsel und zwei Gehörschutz-Otoplastiken.

Die erhaltenen Ergebnisse dieser Systeme wurden mit den Dämmwerten, die gemäß der REAT-Methode (ISO 4869-1) bei einer gleichen Testgruppe ermittelt wurden sowie mit den Dämmwerten, die gemäß der MIRE-Methode (ISO 11904-1) ermittelt wurden, verglichen.

Folgende getesteten Systeme stehen derzeit auf dem Markt zur Verfügung:

- **EARFIT** (3M)
- **SV102** (Svantek)
- **VeriPRO** (Howard Leight)
- **CAPA** (HearingProTech)

Zwei Systeme, EARFIT und SV102, wurden gemäß der MIRE-Methode entwickelt. Diese Technik (Microphone In Real Ear) besteht darin, ein Mikrofon in den Gehörgang zu platzieren, der Gehörschutz muss für das Durchqueren des Mikrophons angepasst sein, um den Schalldruckpegel im Bereich des Trommelfells zu messen. Ein anderes Mikrofon befindet sich außen am Ohr. Ein Geräusch wird aus einem Lautsprecher, der sich in einem ruhigen Raum befindet, entsendet. Die Dämmung wird durch die Differenz zwischen den mit dem Äußeren und dem im Inneren des Ohres befindlichen

Mikrofon gemessenen Schalldruckpegeln ermittelt. Der größte Nachteil der MIRE-Methode ist, dass das Geräusch nicht unter Berücksichtigung der Vibrationen des Trommelfells sowie des direkten Reizes der Cochlea bzgl. der Knochen und des Gewebes gemessen wird. Des Weiteren müssen zahlreiche Korrekturen vorgenommen werden, um den Okklusionseffekt sowie physiologische Geräusche berücksichtigen zu können.

Um eine richtige Durchführung zu gewährleisten, muss die MIRE-Methode mit REAT-Daten einer äquivalenten Testgruppe für die gleichen Gehörschützer kalibriert werden. Die vorgenommenen Korrekturen werden berechnet, indem die Daten beider Messtechniken verglichen werden.

## **2.1 EARFIT**

Im Fall von EARFIT sind Ersatzstöpsel notwendig, die durch einen mittig liegenden Schlauch das Mikrofon mit dem Gehörgang des Ohres für die Messung des Schalldruckpegels im Inneren verbindet.

Vorteil dieses Systems ist eine schnelle Durchführung. Sobald das System installiert wurde, reichen 10 Sekunden pro Ohr, um Dämmwerte über die 7 Frequenzen von 125 Hz bis 8 kHz zu erhalten.

Der Hauptnachteil dieses Systems ist die Genauigkeit der Transferfunktion, da dieser die Wirkung des Schlauchs, des Gehörgangs, des Kopfes, des Hörfelds und der Knochenleitung berücksichtigen muss. Des Weiteren ist es auf Stöpsel eines Herstellers (3M) begrenzt, da die Korrekturfaktoren feststehen und nur für einen bestimmten Stöpsel gelten. Die Tests werden mit Ersatzstöpseln (mit integriertem Schlauch) durchgeführt, die von den derzeit verwendeten Modellen abweichen können.

## **2.2 Svantek SV102**

Svantek SV102 wurde entwickelt, um das Feld unter einem Kapselgehörschutz zu messen. Es handelt sich um ein 2-Kanal-Gerät. Die Sonde muss im Inneren des Gehörgangs eingesetzt werden, um den Schalldruckpegel zu messen. Das zweite Mikrofon muss auf der Schulter der Testperson angebracht werden. Die Länge der Sonde wird anhand der Größe des Gehörgangs der Testperson ausgewählt. Es stehen drei Längen zur Verfügung: 16, 20 und 25 mm. Die Wirkung des Schlauchs der Sonde bzgl. der Druckmessung im Inneren wird korrigiert.

## **2.3 VeriPRO**

Bei diesem System handelt es sich um eine subjektive Methode, bei der die Testperson das Gleichgewicht zwischen der Lautstärke des reinen Tons, der abwechselnd bei jedem Ohr ausgestrahlt wird, wieder herstellen muss.

Das Gleichgewicht wird zuerst mit beiden Ohren, mit dem geschlossenen rechten Ohr und mit beiden geschlossenen Ohren gemessen. Die Dämmung des persönlichen Gehörschutzes wird von der Differenz des Schallpegels abgezogen. Der Ton wird

mithilfe eines Kopfhörers ausgestrahlt. 15 Minuten werden in etwa benötigt, um Dämmwerte über die Frequenzen von 250 Hz bis 4 KHz zu erhalten. Diese Technik setzt eine ruhige Umgebung voraus, da die Herstellung des Gleichgewichts eine schwierige Aufgabe ist. Darüber hinaus ermöglicht diese Technik jede Art von Gehörschutz zu prüfen, die mit Kopfhörern getragen werden kann.

## 2.4 CAPA

Die letzte Methode, die getestet wurde, ist CAPA und basiert auf dem Prinzip der Audiometrie. Diese Methode ermittelt die Hörschwelle der Testperson mit und ohne Gehörschutz und berechnet anschließend die Differenz. Der Hauptnachteil dieser Methode ist, dass die Bestimmung der Hörschwelle viel Zeit in Anspruch nimmt. Des Weiteren muss diese für jedes Ohr vorgenommen werden. Anders als die Hörschwelle durch Oszillation zu bestimmen, funktioniert CAPA ausschließlich mit ansteigenden Tönen. Bei jeder Frequenz wird das Geräusch dreimal mit einer Verringerung des Tongefälles und einer Erhöhung des Startniveaus wiederholt.

Jede Etappe erhöht die Genauigkeit der Festlegung der Tonbestimmung. Die Schwelle, die sich daraus ergibt, ist höher als die Hörschwelle und treibt somit den Test an. Der reine Ton wird mittels eines Kopfhörers ausgestrahlt. Die Schwelle wird erst mit Gehörschutz und anschließend ohne Gehörschutz durchgeführt. Die Dämmung wird abgezogen, indem die Differenz der Schwelle berechnet wird. Die tatsächliche Messung benötigt ca. 7 Minuten und ermöglicht Daten über die Dämmung in den sieben Standardfrequenzen von 125 Hz bis 8 kHz für beide Ohren sowie den Durchschnittswert (PSNA) zu ermitteln. Die Umgebung muss für diesen Test ruhig sein, da dieser gerade oberhalb der Hörschwelle funktioniert. Diese Methode kann für alle Stöpselarten benutzt werden, die unter einem Kopfhörer getragen werden können.

## 3 Das Testprotokoll

Für jedes System wurden zwei bis vier Gehörschützer überprüft. Das System SV102 von Svantek wurde mit zwei Kapselgehörschützern getestet. EARFIT und Veripro wurden mit vier vorgeformten und zu formenden Stöpseln getestet. CAPA wurde mit zwei Gehörschutz-Otoplastiken, einem vorgeformten sowie zu formenden Stöpseln getestet.

Jede Testperson wurde bzgl. Benutzung und des richtigen Einsetzens unterwiesen. Die richtige Handhabung wurde systematisch von dem Verantwortlichen des Tests überprüft.

Ein Benchmark wurde für jeden Gehörschutz erstellt, indem die erhaltenen REAT-Ergebnisse, die während der Zertifizierung für jeden Gehörschutz ermittelt wurden, berücksichtigt wurden. Die erhaltenen Ergebnisse durch die REAT-Methode wurden ebenfalls durch die MIRE-Messungen, die gemäß der Norm ISO 11904-1 erstellt wurden, bestätigt.

Tests wurden in einem großen schallreflektierenden Raum (205 m<sup>3</sup>) durchgeführt, um ein diffuses Akustikfeld zu erhalten. Die *Head-Related Transfer Function HRTF* (kopfbezogene Übertragungsfunktion) wurde für jedes Ohr individuell gemäß der Norm ISO 11904-2 § 10.2 gemessen. Für jeden Gehörschutz wurden die Tests MIRE und REAT bei der gleichen Testgruppe durchgeführt.

Nach Abschluss des Referenztests, wurde jedes System zur Messung der Wirksamkeit eines Gehörschutzes bei der gleichen Testgruppe getestet.

Schlussendlich wurde nur eine Messung mit VeriPRO gemessen und mindestens drei Messungen wurden mit den anderen drei Systemen bei jeder Testperson und jedem Gehörschutz durchgeführt. Die einzige Messung, die mit VeriPRO durchgeführt wurde, beruht auf der Tatsache, dass dieses System mehr Zeit sowie mehr Konzentration in Anspruch nimmt als die anderen Kontrollsysteme. Demzufolge war es nicht möglich, weitere Tests für diese Studie durchzuführen.

## 4 Ergebnisse

Die Durchschnittskorrelation zwischen MIRE und REAT lag zwischen 500 Hz und 4KHz sehr gut, außer bei dem Stöpsel 3M Classic (für mehr Informationen siehe Abbildung 1 und 2 der Studie (TROMPETTE & KUSY, 2013)).

### 4.1 Svantek SV102

Dieses System gibt nur den Verlust durch das Einsetzen des Gehörschutzes an. Die Vergleiche konnten somit nur mit der MIRE-Methode erstellt werden. Die Ergebnisse sind bis zu 1 KHz korreliert, die Abweichungen erhöhen sich anschließend um 10 dB bei 4 KHz und 8 KHz zu erreichen. Diese Abweichungen ergeben sich aus der mangelnden Anpassung der internen Sonde: auch wenn diese mit einem Klebestreifen befestigt wurde, konnte die Sonde nicht am Eingang des Gehörgangs platziert werden. Die Verbesserung, die vom System auf die Ergebnisse durchgeführt wird, kann ebenfalls in Frage gestellt werden.

Dieses System ermöglicht es, zuverlässige Messungen unter 1 KHz zu erhalten unter der Voraussetzung, dass die Sonde mithilfe eines Klebestreifens befestigt wird. Was die hohen Frequenzen angeht, sind die Korrekturen nicht in Ordnung.

### 4.2 EARFIT

Die Ergebnisse zeigen, dass dieses System eine richtige Bewertung des Dämmwertes der Stöpsel aufweist. Jedoch muss vermerkt werden, dass die überprüften Stöpsel nicht identisch mit denen sind, die vertrieben und tatsächlich getragen werden, da spezifische Stöpsel für den Test notwendig sind. Der PAR (durchschnittlicher Dämmwert), der von EARFIT ermittelt wurde, bewertet den SNR um 10 dB über. Dieses System zeigt eine Messunsicherheit von 7 dB an, die in den meisten Vergleichen überprüft wurde.

## 4.3 VeriPRO

Das System VeriPRO gibt eine Schätzung der Dämmung für das Oktavband von 250 Hz bis 4 KHz an. Die Dämmung wurde mit der REAT-Methode für vier Stöpsel verglichen. Diese ist nicht in Ordnung, da die Ergebnisse ähnlich wie die aus einer internen Studie von E. KOTARBINSKA sind. Die Daten unterschätzen die Dämmung und variieren je nach Art des Stöpsels.

Ein anderes Problem ist die Aufteilung der Ergebnisse auf dem Oktavband mit einer hohen Variation zwischen den Frequenzen.

Wir folgern daraus, dass das VeriPRO-System es nicht ermöglicht, Übereinstimmungen mit der REAT-Messung zu finden. Es ist nicht möglich, individuelle Vergleiche aufgrund der unsteten Ergebnisse zu ziehen. Aber auch aufgrund der Diskrepanz zwischen REAT und VeriPRO kann die Gültigkeit dieses Systems in Frage gestellt werden.

## 4.4 CAPA

Die Ergebnisse, die mit CAPA ermittelt wurden, geben nicht nur die Dämmung für 7 Frequenzen des Oktavbandes an, sondern auch den Durchschnittsdämmwert (Äquivalent zum SNR). Die Ergebnisse wurden mit einem zu formenden und einem vorgeformten Stöpsel sowie mit zwei Gehörschutz-Otoplastiken verglichen. Die beiden Gehörschutz-Otoplastiken waren ohne Filter ausgestattet, da die Bohrung, die normalerweise mit dem Filter ausgestattet ist, für das Einsetzen der MIRE-Sonde verwendet wurde. Für die CAPA-Messungen wurden die Bohrungen somit für diese beiden Gehörschützer verschlossen. Der Vergleich des ermittelten Durchschnittswerts für CAPA wird mit der REAT-Methode in Abbildung 1 und 2 verglichen. Die Daten sind eng miteinander verbunden. CAPA unterschätzt, verglichen mit der REAT-Methode, leicht die Dämmung in den tiefen Frequenzen.



Abbildung 1: Vergleich der Messungen des CAPA-Systems mit Referenzwerten der REAT-Methode für zwei Gehörschutz-Otoplastiken COTRAL Micra und API Cristal. Beide Gehörschützer wurden für den Test verschlossen und müssten theoretisch die gleiche Dämmung aufweisen. Man kann jedoch eine Abweichung in der Wirksamkeit von einem Hersteller zum anderen feststellen. Der Cotral-Gehörschutz erhält eine Dämmung von ca. 10 dB über den von API indem der Referenzwert SNR gemäß der REAT-Methode gemessen wurde.

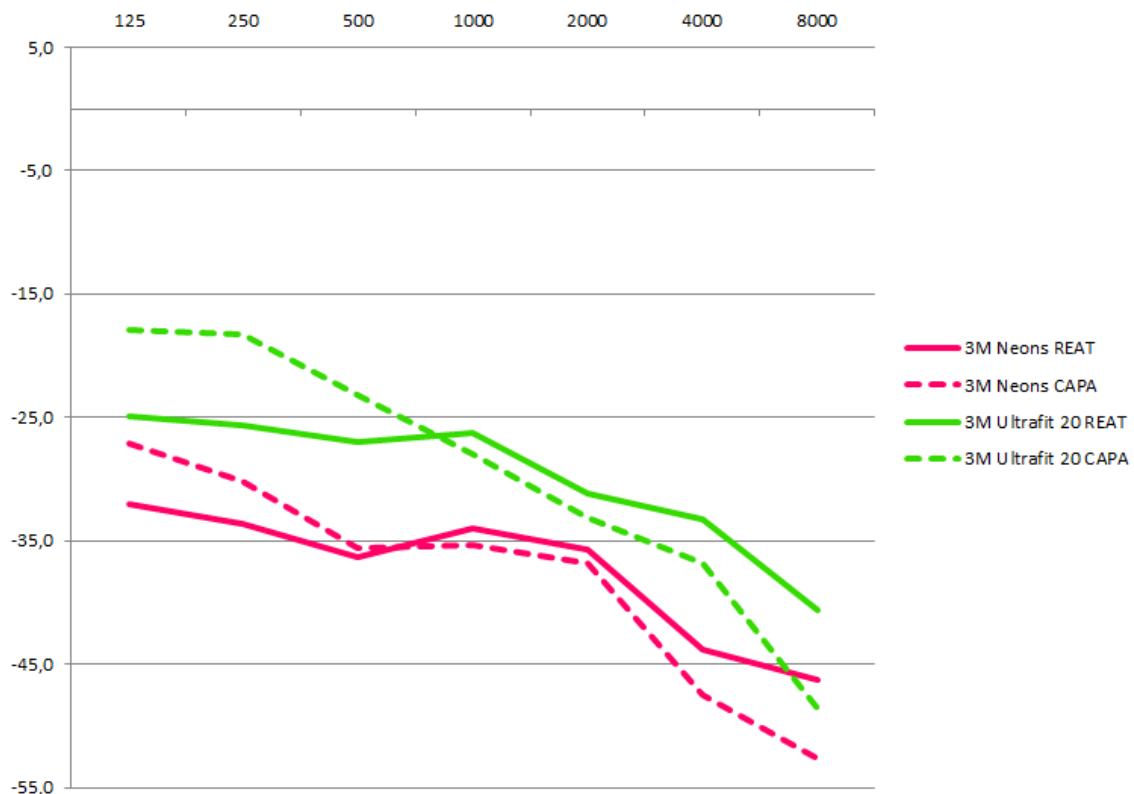


Abbildung 2: Vergleich der Messungen des CAPA-Systems mit den Referenzwerten der REAT-Methode für einen vorgeformten Stöpsel des Modells Ultrafit von 3M und einem zu formenden Stöpsel des Modells Neons von 3M.



Die Durchschnittsdämmung kann durch das CAPA-System eine Überschätzung von 10 dB hervorrufen. CAPA hat interessanterweise die gleiche Messunsicherheit von 7 dB wie das EARFIT-System. Die Durchschnittswerte von CAPA sind mit REAT konform.

## **5 Bilanz der Autoren der Studie**

### **(N. TROMPETTE & A. KUSY)**

Das Ziel dieser Studie bestand darin, vier Systeme zur Messung der Wirksamkeit eines persönlichen Gehörschutzes zu analysieren. Eines dieser Systeme widmet sich dem Kapselgehörschutz, die anderen drei den Stöpseln.

Das Messprotokoll hat Referenzpunkte für jeden Gehörschutz für eine Gruppe von mindestens 20 Testpersonen auf Basis der harmonisierten Norm ISO 4869-1 (REAT-Methode) festgelegt. Die Referenzergebnisse wurden durch eine zweite Norm ISO 11904-1 (MIRE-Methode), die sich mit der Lärmexpositionsmessung unter dem Gehörschutz beschäftigt, bestätigt. Eine starke Referenz wurde somit erstellt.

Zwei dieser Systeme zur Messung der Wirksamkeit von persönlichem Gehörschutz, EARFIT und CAPA, liefern Dämmwerte, die den Referenzwerten nahe liegen.

Für diese beiden Systeme sind die individuellen Vergleiche was den SNR-Wert angeht, akzeptabel. Wir haben festgestellt, dass es Abweichungen geben kann. Diese Systeme können jedoch eingesetzt werden, um die Konformität eines Gehörschutzes zu bestätigen, so lange eine Sicherheitsmarge von ca. 10 dB berücksichtigt wird.

Der Vorteil des EARFIT-Systems liegt in seiner Schnelligkeit. Dieses kann für eine Schulung zum richtigen Einsetzen des Gehörschutzes benutzt werden. Das System ist objektiv und benötigt somit nicht den Einsatz der Testperson selbst. Allerdings werden Korrekturfaktoren auf die Ergebnisse durchgeführt. Diese Faktoren erscheinen während eines Tests von ca. 20 Testpersonen. Dies kann jedoch angezweifelt werden, da dadurch die Unsicherheit verstärkt und diese Korrektur nur für einen bestimmten Stöpsel gilt.

Das EARFIT-System ist auf bestimmte Test-Stöpsel begrenzt und kann somit nur auf Stöpsel von 3M angewendet werden.

Das CAPA-System kann auf alle möglichen Stöpsel angewendet werden: es ist universell. CAPA benötigt keine Korrektur und es wird keine Korrektur durchgeführt. Das System ist etwas langsamer als das EARFIT-System und man erhält eine ähnliche Genauigkeit aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine subjektive Methode handelt, die mehr Konzentration erfordert.

Das SV102-System für Kapselgehörschutz ermöglicht es, die MIRE-Methode in situ zu benutzen. Das System ist erfolgsversprechend, gut entwickelt und liefert präzise Messungen. Allerdings ist die Sonde nicht optimal und muss überarbeitet werden, ebenso wie die Halterung für das Ohr. Die Korrekturfaktoren (Transferfunktion) müssen überprüft werden.

Das VeriPRO-System scheitert während des Vergleichs mit den Referenzwerten. Des Weiteren bestehen bei einer sehr hohen Anzahl an Testpersonen bei den Dämmwerten pro Frequenz anormale Abweichungen.

## 6 Bilanz des Autors dieser Zusammenfassung (G. NEXER)

Ich habe versucht, diese Studie zu übersetzen und zusammenzufassen und dabei eine maximale Objektivität zu erhalten, aufgrund meiner Funktion als Experte bei HearingProTech.com, die das CAPA-System entwickelt hat.

### 6.1 Was können wir aus dieser Studie für eine Erkenntnis ziehen?

Vielen Dank an das INRS (*Institut nationale de recherche et de sécurité*), das diese wichtige Arbeit durchgeführt hat und zum ersten Mal eine klare und objektive Sicht auf die Funktionsfähigkeit und die Zuverlässigkeit der Systeme gibt. Zahlreich sind die Zertifizierungs- und Beratungsstellen, die eine Wirksamkeitsmessung für Mitarbeiter, die mit Gehörschutz ausgestattet sind, fordern. Die Systeme wurden bisher ohne richtige Kenntnis über die Objektivität der Ergebnisse ausgewählt.

Diese Studie bringt zwei Systeme zum Vorschein, die als einzige zuverlässige Ergebnisse zu liefern scheinen und die es ermöglichen könnten die Zuverlässigkeit eines Gehörschutzes *in situ* direkt bei seinem Träger zu überprüfen: EARFIT und CAPA.

### 6.2 EARFIT

Das EARFIT-System kann, wie wir bereits gesehen haben, ausschließlich mit Stöpseln von 3M verwendet werden. Des Weiteren, auch wenn der Mitarbeiter der getestet wird mit Stöpseln von 3 M ausgestattet ist, ist es notwendig, spezielle Stöpsel für den Test zur Verfügung zu haben. Somit ist der getestete Stöpsel nicht der, der auch tatsächlich getragen wird.

Für jeden überprüften Stöpsel werden Korrekturen durch das EARFIT-System vorgenommen. Eine erste Messung muss mit der REAT-Methode durchgeführt werden, sodass die REAT-Parameter in die EARFIT-Software übertragen werden, um so möglichst ähnliche Ergebnisse wie mit der REAT-Methode zu erhalten.

Dies erscheint doch sehr merkwürdig als Vorgehensweise. Es ist wie:

1. Um die Temperatur meiner Produkte zu messen, verkaufe ich Ihnen das Thermometer, das ich selbst entwickelt habe.
2. Ich gewichte die Ergebnisse meines Thermometes jeweils auf andere Weise für jedes meiner Produkte, damit sie Ihnen ein kohärentes Ergebnis liefern.

3. Mein Thermometer ist nur in der Lage meine Produkte zu messen. Sie können damit jedoch nicht meine Produkte überprüfen, denn Sie benötigen spezielle Produkte, die ich Ihnen anbieten kann, um die Messungen vornehmen zu können.

Die Vorteile des EARFIT-Systems sind:

1. Schnelligkeit: einige Minuten für die Handhabung und 10 Sekunden, um einen Dämmwert zu erhalten.
2. Objektivität: die Testperson muss nicht eingreifen

Dieses System ist somit perfekt geeignet, die Mitarbeiter für das richtige Einsetzen von vorgeformten und zu formenden Stöpseln zu schulen, da das richtige Einsetzen nicht einfach ist.

## 6.3 CAPA

Der Hauptnachteil des CAPA-Systems liegt an der Umsetzungszeit, die bei ca. 7 Minuten pro komplett durchgeführten Test liegt. Es gibt jedoch auch einen Flash-Test, der wiederum innerhalb von 3 Minuten durchgeführt wird und der es ermöglicht, die Konformität des Gehörschutzes zu ermitteln.

Dieses System benötigt die volle Aufmerksamkeit der Testperson und ist somit ein subjektiver Test. Außerdem muss der Test in einem ruhigen Umfeld stattfinden.

Die zahlreichen Vorteile des CAPA-Systems:

Es werden keine Korrekturen vorgenommen.

Das System ist universell einsetzbar, da es jede Art von persönlichen Gehörschutz, der im Ohr getragen wird und bei dem ein Kopfhörer getragen werden kann, überprüfen kann. CAPA wird außerdem mit einer ausführlichen Datenbank mit den gesamten persönlichen Gehörschutzstöpseln, die es auf dem Markt gibt, geliefert.

Die Messung wird auf Standardstöpsel durchgeführt, die vom Mitarbeiter getragen werden.

Die Ergebnisse der Dämmung sind denen der REAT-Werte sehr ähnlich: „CAPA unterschätzt leicht die Dämmung in den tiefen Frequenzen im Vergleich zu REAT“.

Mehrere Studien zeigen, dass die REAT-Methode die Dämmungen in den Frequenzen unterhalb von 500Hz um mehrere Dezibel überschätzt ((RUDMOSE, 1982), (BERGER & KERIVAN, 1983)). Wir können annehmen, dass die Dämmwerte, die mit CAPA ermittelt wurden, der Realität sehr nahe sind.

## 7 Bibliographie

BERGER, E., & KERIVAN, J. (1983, Jul). Influence of physiological noise and the occlusion effect on the measurement of real-ear attenuation at threshold. *J. Acoust. Soc. Am.*, 74(1), 81-94.

KUSY, A. (2008). Affaiblissement acoustique in situ des protecteurs individuels contre le bruit. *ND 2295*. INRS.

RUDMOSE, W. (1982). The Case of the Missing 6 dB. *J. Acoust. Soc. Am* Vol. 71, 650-659.

TROMPETTE, N., & KUSY, A. (2013, Septembre). Testing of commercially available systems for hearing protector based on individual fit testing. INRS.