Lautheitsanalyse einzelner Programminhalte verschiedener Fernseh- und Rundfunksender

Gerhard Krump

Technische Hochschule Deggendorf, 94469 Deggendorf, E-Mail: gerhard.krump@th-deg.de

Einleitung

Durch die Einführung der EBU-Empfehlung R128 im Jahr 2011 wurde versucht, eine einheitliche Lautstärkewahrnehmung bei verschiedenen Programminhalten wie Nachrichten, Werbung, Moderation, Spielfilm, Musik usw. von Fernseh- und Rundfunksendern zu erreichen, so dass der Zuhörer die Lautstärkewiedergabe weder bei verschiedenen Inhalten eines Senders, noch beim Umschalten zu anderen Sendern verändern muss [1, 2]. Dennoch zeigt sich, dass vielfach nach wie vor große Lautheitsunterschiede zwischen beispielsweise Nachrichten und Werbung bestehen, so dass insbesondere im Fahrzeug die Lautstärke oft angeglichen werden muss [3].

Deshalb wurden unterschiedliche Programminhalte eines Sendetages von öffentlichen und privaten Fernsehsendern und Rundfunkanstalten aufgenommen und messtechnisch entsprechend der R128-Empfehlung bzw. mit einem Lautheitsmesser hinsichtlich Mittelwert, Perzentile und Maximalwert analysiert. Zudem wurden mit demselben Programmmaterial subjektive Lautheitsbeurteilungen mit Hilfe von Hörversuchen durchgeführt. Die Fragestellung der Untersuchung war, ob es trotz Einführung der R128 größere Lautheitsunterschiede zwischen den Programminhalten wie z.B. „Nachrichten“ und „Werbung“ eines Senders gibt und ob trotz der hohen Dynamik bzw. dem Einsatz von Kompressoren eine Lautheitsmessung zumindest die Rangfolge der Lautheit einzelner Programminhalte desselben Senders abbildet.

Versuchsdurchführung

Es wurden am selben Tag vormittags und nachmittags bei gleicher Aussteuerung verschiedene Programminhalte von drei öffentlichen (ARD, ZDF, BR) und drei privaten Fernsehsendern (RTL, SAT.1, ProSieben) bzw. fünf Rundfunksendern (Bayern 1, Bayern 2, Bayern 3, Antenne Bayern und Radio Trausnitz) aus dem Internetstream digital im wav-Format aufgezeichnet und analysiert. Als Programminhalte, deren Dauer auf jeweils 30 Sek. festgelegt wurde, wurden beim Fernsehen „Nachrichten“, „Wetter“, „Magazin“, „Serie“, „Werbung“ und „Spielfilm“ ausgewählt. Beim Rundfunk wurden Ausschnitte der Kategorie „Nachrichten“, „Wetter“, „Moderation“, „Beitrag“, „Werbung“, „Musik“ und „Verkehrsdurchsage“ verwendet.

Die Programmsequenzen wurden mit Nuendo hinsichtlich des R128-Durchschnittswertes über die 30 Sekunden analysiert. Nachdem es sich um stark dynamische Signale handelt, wurden zudem die Lautheiten mit Artemis (Fa. Head Acoustics) nach DIN 45631/A1 berechnet und verschiedene Auswertungen wie Mittelwert, Maximalwert sowie Perzentile N5 und N10 untersucht. Die subjektive Lautheitsempfindung wurde mit zwei unterschiedlichen Hörversuchen durchgeführt. Im ersten Hörtest sollten die 8 Versuchspersonen nach Anhören des 30 Sekunden langen Programminhaltes jeweils einen gleichlauten 1-kHz-Sinuston einstellen, der dann in die Lautheit N in sone umgerechnet wurde [6]. Im zweiten Hörversuch wurde ein Paarvergleich verwendet, bei dem jeweils die „Nachrichten“ des entsprechenden Senders als Ankerschall mit dem Wert 100 dienten. Alle anderen Inhalte des gleichen Senders sollten entsprechend ihres Lautheitseindruckes relativ zum Anker mit einem Zahlenwert bewertet werden. Auch der Ankerschall wurde hierbei als Testschall verwendet.

Die Signale beider Hörversuche wurden in einer schallgedämmten Kabine binaural über Kopfhörer DT48 mit Freifeldentzerrung dargeboten [5, 6]. Der mittlere Darbietungspegel der „Nachrichten“ jedes Senders wurde auf 70 dB eingestellt. Dadurch sind zwar die Absolutlautheiten der Aufnahmen nicht direkt konform mit den von den Versuchspersonen eingestellten Lautheiten, aber die Ergebnisse der Programminhalte des jeweiligen Senders können relativ zueinander verglichen werden, da Relationen beibehalten wurden. Beim allen Hörversuchsauswertungen sind Zentralwert und Wahrscheinliche Schwankung dargestellt.

Versuchsergebnisse Fernsehsender

Die gewählten Programminhalte sind nur Tagesausschnitte und können nicht zu generellen Aussagen führen. Dennoch zeigen sie vorhandene Lautheitsunterschiede und geben Hinweise auf das Lautheitsempfinden der verschiedenen Aufnahmesequenzen innerhalb eines Vormittages oder Nachmittages eines Senders. Die EBU empfiehlt einen Durchschnittswert von -23 LUFS (Loudness Unit Full Scale) ± 1 LU (Loudness Unit) [1, 2]. Der negative Wert ergibt sich durch die Relation der Lautstärkeeinheit zum digitalen Vollpegel von 0 dBFS. Negativere Werte geben eine geringere Lautheit an, so dass die Messergebnisse der verschiedenen Programminhalte zumindest in der Rangfolge verglichen werden können. In Abb. 1 sind die über die 30 Sekunden gemittelten Messergebnisse der Programmmaterialien vom Bayerischen Rundfunk und RTL entsprechend der R128 dargestellt. Abb. 2 hingegen zeigt die berechnete Perzentile N10 der Lautheit derselben Aufnahmen. Die beiden Balken-Diagramme beider Abbildungen rasten relativ genau wie Zahnräder ineinander. Geringe Balkenlängen nach R128 in Abb. 1 symbolisieren die lauten Sequenzen, welche mit den längsten Balkenlängen und damit den höchsten Lautheitswerten in Abb. 2 abgebildet werden. Beim leisesten Programminhalt „Wetter(BR)“ bzw. „Serie(RTL)“ ist es umgekehrt. Zwischenwerte passen ebenso gut zusammen, so dass die Perzentile N10 der berechneten Lautheit relativ gut das Ranking der Programminhalte gemäß R128 abbildet. Diese Zuordnungen passen auch bei den anderen nicht dargestellten Sendern sehr gut. Die ebenfalls berechneten Mittelwerte, Perzentile N5 sowie die Maximallautheit innerhalb eines Programminhaltes bilden

hingegen die Ergebnisse bzw. Lautheitsrelationen der Hörversuche mit dem hier ausgewählten Programmmaterial nicht ganz so gut ab. Die berechnete Lautheit hat den Vorteil, dass sie nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Aussagen und die Berechnung von Lautheitsverhältnissen erlaubt. Während die Ergebnisse in Abb. 1 nach der R128 um den Zielwert -23 LUFS ± 1,1 LU liegen, „Werbung“ aber auch hier die höhere Lautstärke darstellt, ergibt die Lautheitsperzentile in Abb. 2 eine genauere Analyse. Beim BR ist im Vergleich zu den „Nachrichten“ die „Werbung1“ um 32 % und „Werbung2“ um 10 % lauter. Generell weisen die ersten vier Programminhalte mit Sprache deutlich geringere Lautheitswerte in sone auf als die restlichen Inhalte mit „Serie“ und „Werbung“. Bei RTL ist die „Werbung1“ bzw. „Werbung2“ wie bei den hier nicht dargestellten ARD und ZDF nur geringfügig lauter als die „Nachrichten“, bei den anderen untersuchten Privatsendern SAT.1 und ProSieben sind die Werbeaufnahmen hingegen wieder um etwa 20 Prozent lauter als die zugehörigen „Nachrichten“.

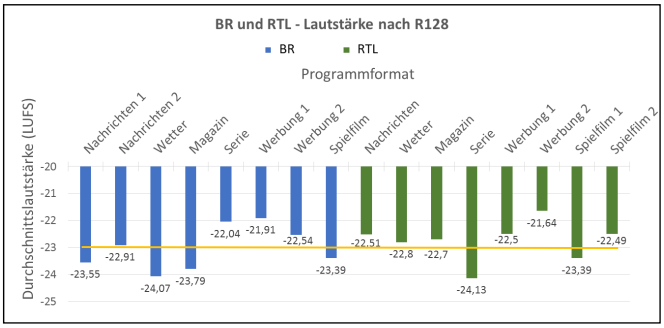

Abbildung 1: Messergebnisse des Programmmaterials von BR und RTL. Gemittelte Lautstärke gemäß R128, die orange Linie gibt den Zielwert von -23 LUFS an [4].

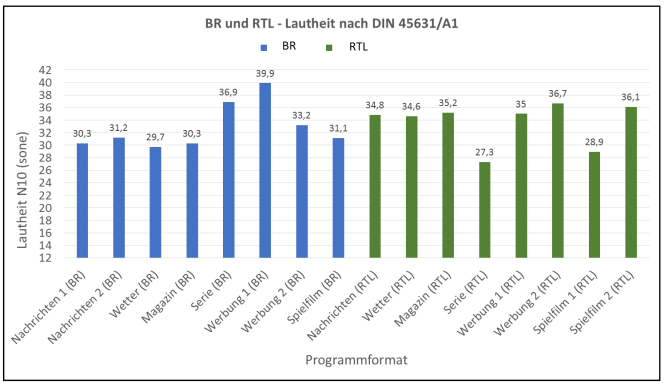

Abbildung 2: Berechnete Perzentile N10 der Lautheit in sone von Programminhalten von BR und RTL [4].

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse von Hörversuch 1, bei dem zu jedem Programmmaterial ein gleichlauter 1-kHz-Ton eingestellt wurde, der in die Lautheit in sone umgerechnet wurde. Durch den Darbietungspegel der „Nachrichten“ von 70 dB ergeben sich zwar im Vergleich zur Abb. 2, in der die nahe dem Lautheitsmaximum liegenden Perzentilen N10 dargestellt sind, insgesamt geringere Zahlenwerte in sone, die Relationen innerhalb eines Sendermaterials sollten jedoch gleich bleiben. Ausgehend von den „Nachrichten“ sind die Werbespots nach Hörversuch 1 beim öffentlichen Sender BR um 28 % bzw. knapp 22 % lauter, beim Privatsender RTL ergeben sich nun auch Werte um 22 % bzw. 30 %. Ein Vergleich der relativen Balkenlängen zwischen Abb. 2 und Abb. 3 ergibt sehr ähnliche Verläufe. Die Streuungen sind bei diesem Versuch jedoch sehr groß.

In Abb. 4 sind die Hörergebnisse vom Versuch 2, bei dem die „Nachrichten1(BR)“ bzw. „Nachrichten(RTL)“ als Anker mit Zahlenwert 100 dienten, graphisch dargestellt. Abweichungen von 100 beim Ankerschall ergeben sich hier, weil auch der Anker nochmals als Testschall beurteilt wurde und diese Angaben als Zentralwert in Form der Balkenlänge aufgetragen sind. Diese Versuchsmethode ergibt die besten subjektiv empfundenen Lautheitsverhältnisse, da sie mit einem Ankerschall quantitativ verglichen werden. So sind die Wahrscheinlichen Schwankungen auch wesentlich kleiner als beim Hörversuch 1. Die Ergebnisse von Versuch 2 decken sich sehr gut mit den Ergebnissen von Versuch 1 und zum Teil gut mit den Darstellungen der berechneten Perzentilen N10 in Abb. 2. Beim öffentlichen Sender BR ist in Abb. 4 die „Werbung“ wieder um ca. 28 % bzw. 18 % lauter. Auch beim Privatsender RTL ist nun „Werbung1“ und „Werbung2“ um 15 % bzw. 23 % lauter als die zugehörigen „Nachrichten“, was die Perzentillautheit so nicht abbildet. In allen betrachteten Fällen stellt die „Werbung“ das lauteste Programmmaterial dar.

Bei beiden Untersuchungen ist die Rangreihenfolge der Programminhalte innerhalb eines Senders sehr ähnlich und es treten im Vergleich zu den „Nachrichten“ Lautheitsunterschiede beim Fernsehen je nach Untersuchungsart um 25 % auf, wobei auch leisere Inhalte wie „Magazin“ um 90 % vorkommen.

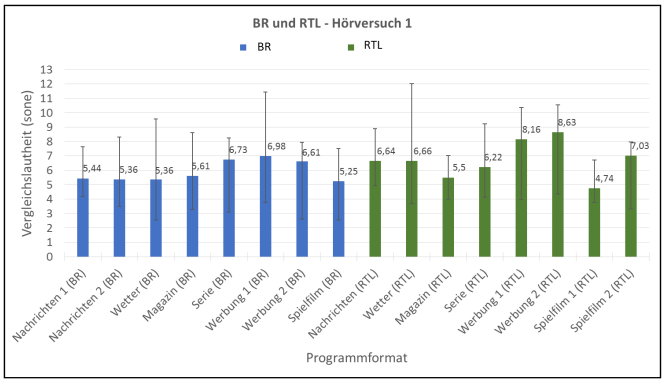

Abbildung 3: Ergebnisse des Hörversuchs 1. Vergleichslautheit des gleichlauten 1-kHz-Tones von Programminhalten von BR und RTL [4].

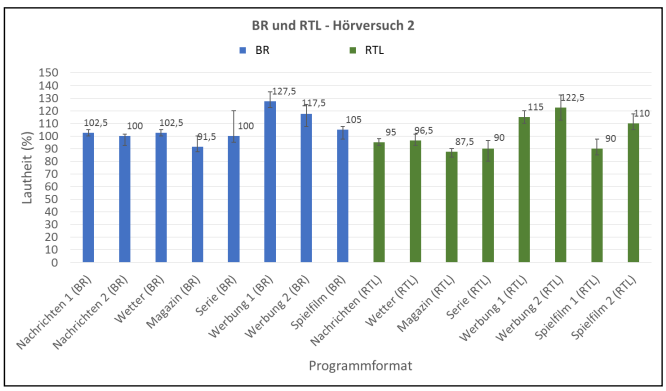

Abbildung 4: Ergebnisse des Hörversuchs 2. Lautheitsverhältnisse von Programminhalten von BR und RTL. Anker „Nachrichten1(BR)“ für BR und „Nachrichten(RTL)“ für RTL [4].

Versuchsergebnisse Radiosender

Nachfolgend sind die Ergebnisse der fünf Radiosender in stets der gleichen Reihenfolge der Programminhalte dargestellt. Abb. 5 zeigt die über 30 Sek. gemittelte Lautstärke nach R128. Es wird deutlich, dass nicht auf -23 LUFS, sondern andere Zielwerte eines jeden Senders normalisiert wird. Die Toleranz von ± 1 LU wird jedoch gut eingehalten.

In Abb. 6 sind die zugehörigen Perzentile N10 der berechneten Lautheiten in der gleichen Reihenfolge aufgelistet. Es zeigt sich auch hier, dass zumindest von Sender zu Sender die Balken mit denen von Abb. 5 „zahnradartig ineinander greifen“. Antenne Bayern besitzt die höchste Lautstärkeaussteuerung nach R128 mit etwa -10 LUFS und auch die höchsten Perzentilwerte, wobei diese zwischen 66,4 sone („Beitrag“) und 81,3 sone („Musik“) schwanken. Wortanteile wie „Nachrichten“, „Moderation“ und insbesondere „Beiträge“ bilden in Abb. 6 meistens das Lautheitsminimum, „Werbung“ und „Musik“ erzeugen oft immer die größte Lautheit.

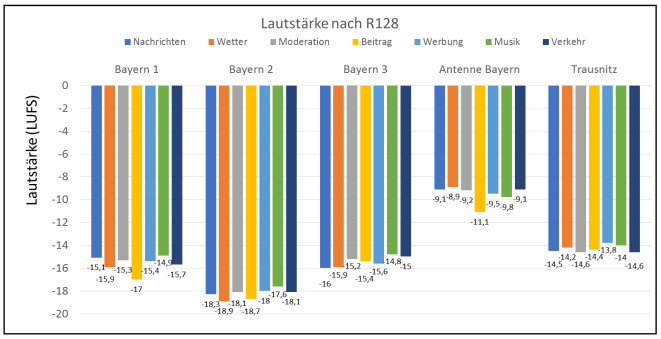

Abbildung 5: Messergebnisse des Programmmaterials von fünf Radiosendern. Gemittelte Lautstärke gemäß R128.

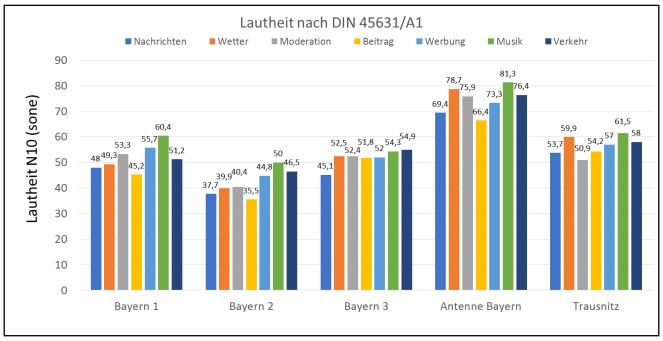

Abbildung 6: Messergebnisse des Programmmaterials von fünf Radiosendern. Berechnete Perzentile N10 der Lautheiten.

Tabelle 1: Auf „Nachrichten“ (=100 %) bezogene relative Verhältnisse der berechneten Lautheit. Zahlenangaben in %.

Ber.art	Format	B1	B2	B3	AB	RT
N10	„Musik“	126	133	120	117	115
N10	„Werbung“	116	119	115	106	106
N10	„Beitrag“	94	94	115	96	101
Mittel	„Musik“	143	116	152	118	147
Mittel	„Werbung“	128	101	140	103	123
Mittel	„Beitrag“	88	72	123	83	102

Daher sind in Tabelle 1 die auf die jeweiligen „Nachrichten“ (= 100 %) bezogenen relativen Verhältnisse der mit Perzentile N10 bzw. arithmetischem Mittel ausgewerteten Lautheitsmessungen ausgewählter Formate aller fünf Sender aufgetragen. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Hörver-

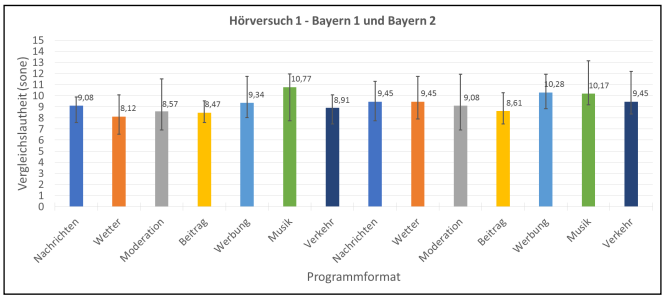

Abbildung 7: Hörversuch 1. Lautheit des gleichlauten 1-kHz-Tones. Bayern 1 (linke Hälfte) und Bayern 2 (rechte Hälfte).

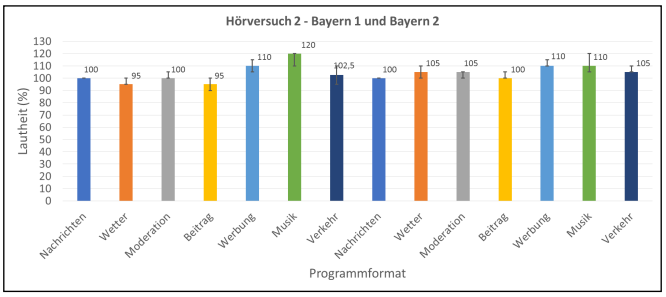

Abbildung 8: Hörversuch 2. Lautheitsverhältnisse von Programminhalten von Bayern 1 (linke Hälfte) und Bayern 2 (rechte Hälfte). Anker „Nachrichten“ der jeweiligen Sender.

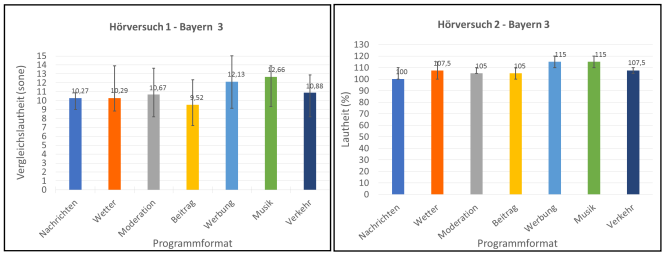

Abbildung 9: Ergebnisse von Hörversuch 1 von Bayern 3 (links) und Hörversuch 2 von Bayern 3 (rechts). Anker „Nachrichten“.

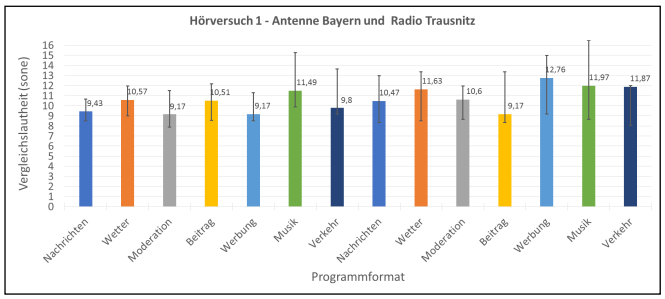

Abbildung 10: Hörversuch 1. Lautheit des gleichlauten 1-kHz-Tones. Antenne Bayern (linke Hälfte) und Radio Trausnitz (rechte Hälfte).

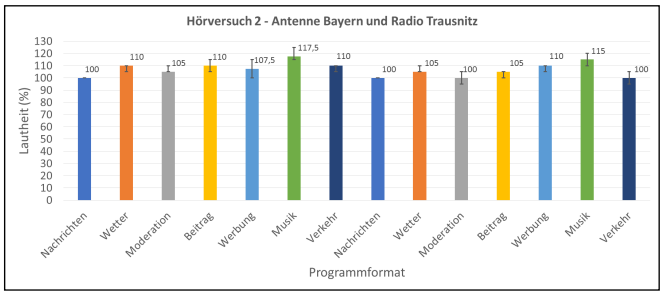

Abbildung 11: Hörversuch 2. Lautheitsverhältnisse von Programminhalten von Antenne Bayern (linke Hälfte) und Radio Trausnitz (rechte Hälfte). Anker „Nachrichten“ der Sender.

such 2 liefert das arithmetische Mittel zu hohe Prozentwerte bei Bayern 1, Bayern 3 und Radio Trausnitz. Auch die Spanne in Prozentpunkten zwischen „Beitrag“ und „Musik“ wäre zu groß.

In den Abbildungen 7 bis 11 sind die Ergebnisse der fünf Sender von Hörversuch 1 und Hörversuch 2 dargestellt. Aus dem in die Lautheit umgerechneten Pegel des gleichlauten 1-kHz-Tones von Hörversuch 1 können bezogen auf die „Nachrichten“ wieder Verhältnisse berechnet werden. Bei Bayern 1 schwanken gemäß Abb. 7 die Prozentzahlen von 93 % („Beitrag“) bis 119 % („Musik“), also mit einer Spanne von 26 Prozentpunkten ähnlich der Perzentilauswertung. „Musik“ liegt bei Bayern 2 bei 108 %, also niedriger als in Tabelle 1, während bei Bayern 3 mit 123 %, bei Antenne Bayern mit 122 % und Radio Trausnitz mit 114 % die Höchstwerte wieder relativ gut mit N10 in Tab. 1 übereinstimmen. Die Wahrscheinlichen Schwankungen des Versuches 1 mit Vergleichssinuston sind wie bei den Fernsehsignalen größer als beim direkten Paarvergleich in Versuch 2.

In Hörversuch 2 erstrecken sich die Ergebnisse bei Bayern 1 von 95 % („Beitrag“) bis 120 % („Musik“), also über 25 Prozentpunkte. Programminhalte mit Wortanteilen sind wieder die leisesten Elemente. Lautheitsunterschiede von etwa 25 % können daher durchaus den Zuhörer zu einem Nachregeln der Wiedergabelautstärke veranlassen. Bayern 2 ist mit 100 % („Nachrichten“, „Beitrag“) bis 110 % („Werbung“, „Musik“) sehr ausgewogen. Auch Bayern 3 erstreckt sich nur von 100 % („Nachrichten“) bis 115 % („Werbung“, „Musik“), Antenne Bayern von 100 % („Nachrichten“) bis 117,5 % („Musik“) und Radio Trausnitz wieder von 100 % („Nachrichten“) bis 115 % („Musik“), was gut mit Tab. 1 korrespondiert. Der Paarvergleich in Hörversuch 2 ergibt somit je nach Sender Spannweiten zwischen leisestem und lautestem Programmmaterial von etwa 15 bis 25 Prozentpunkten. Beide Hörversuche bilden die Rangfolge der Programminhalte bzgl. ihrer Lautheit relativ gut ab und Wortanteile werden bei den hier aufgenommenen Programmsequenzen stets leiser wiedergegeben als „Musik“ und „Werbung“, wobei „Verkehrsdurchsagen“ vielfach lauter als „Beiträge“ und „Nachrichten“ sind. Ein Unterschied zwischen öffentlichen Sendern und Privatradios ist nicht erkennbar.

Zusammenfassung

Es wurden 30 Sekunden lange Programmmaterialien verschiedenen Inhaltes, darunter „Nachrichten“ und „Werbung“ von öffentlichen und privaten Fernseh- und Radiosendern aufgenommen und hinsichtlich ihrer Aussteuerung und Lautheit untersucht. Hierzu wurde neben der Analyse gemäß R128-Empfehlung die Lautheit mit drei Methoden ermittelt: Eine Messung der Programminhalte nach DIN 45631/A1, ein Hörtest mit acht Versuchspersonen durch Einstellen eines gleichlauten 1-kHz-Tones und Umrechnung in die Lautheit (Hörversuch 1) sowie ein Hörtest, der durch Paarvergleich der Materialien mit dem Ankerschall „Nachrichten“ des jeweiligen Senders die relativen Lautheiten der Programminhalte innerhalb eines Senders ermittelt (Versuch 2).

Die Fernsehmaterialien hielten den Zielwert von -23 LUFS gut ein, wobei sich auch hier zeigte, dass „Werbung“ nach R128 höhere Lautstärken aufweist als Wortanteile wie „Nachrichten“ und „Wetter“. Die Lautheitsanalyse anhand der Perzentile N10 ergab je nach Sender konform mit den Hörversuchen eine für die beiden ausgewählten Fernsehsender um etwa 25 % lautere „Werbung“.

Bei den untersuchten Radiosendern waren senderinterne Zielgrößen der R128 erkennbar, die aber zwischen den Sendern variieren. Die lautesten Programmmaterialien waren „Musik“ und „Werbung“, die leisesten „Beitrag“, „Wetter“ und „Nachrichten“, also Wortbeiträge. Die Auswertung der berechneten Lautheiten über die Perzentile N10 führte zu einer besseren Übereinstimmung mit den Hörversuchsergebnissen als der arithmetische Mittelwert. Es traten zwischen den ausgewählten Programmmaterialien Lautheitsunterschiede von bis zu 25 % auf. Auch die Rangfolge der Programminhalte hinsichtlich ihrer Lautheit wurde durch die berechnete Perzentile N10 gegenüber den Hörversuchsergebnissen sehr gut abgebildet.

Generell würde nach diesen Untersuchungen eine Anhebung der Lautheit bei den Wortanteilen zu einem ausgewogeneren Lautstärkeverhältnis der Programmmaterialien führen. Selbst bei Berechnungen gemäß R128 besitzen die Wortanteile vielfach den geringeren Wert und könnten höher ausgesteuert bzw. an die obere Toleranzgrenze gelegt werden, um ein Nachregeln beim Zuhörer zu vermeiden. Sowohl beim Fernsehprogramm, als auch beim Radiobeitrag ist das eindeutige Verstehen des gesprochenen Wortes enorm wichtig und trägt stark zur Senderakzeptanz bei.

Zu diesen Untersuchungen ist festzuhalten, dass es sich bei den Aufnahmen um kurze zeitliche und stark dynamische Ausschnitte handelt, die noch keine generellen Aussagen über permanente Aussteuerung der Sender erlauben. Alle Zahlenangaben und Relationen beziehen sich daher nur auf die verwendeten Programmsequenzen.

Der Autor dankt für die Untersuchung von Programmmaterial der Fernsehsender Herrn Maximilian Herici im Rahmen seiner Bachelorarbeit bzw. der Radiosender Sonja Gabler, Ian Ortmann, Arne Pieper und Marcel Ritzinger im Rahmen ihrer Studienarbeit sowie Peter Meier für Lautheitsanalysen.

Literatur

[1] EBU-Empfehlung R128, Lautheitsaussteuerung, Normalisierung und zulässiger Maximalpegel von Audiosignalen, Genf, 2011.

[2] EBU TECH 3341: Loudness Metering: `EBU Mode´ metering to supplement EBU R 128 Loudness normalization. TECH 3341-2016, Genf, 2016.

[3] Hergenröder E., Krump G., Bräu F.: Lautheit beim Bayerischen Rundfunk Fernsehen. In: DAGA ’10, Berlin, Verlag: DEGA, Berlin, 2010, 601-602.

[4] Herici M.: Analyse unterschiedlicher Lautheiten einzelner Programmformate bei Fernsehsendern. Bachelorarbeit an der TH Deggendorf, 2021.

[5] Meier P., Krump G.: Eine modulare Hörversuchssteuerung auf Basis von Audio-Plugins. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2018, Verlag: DEGA, München, 2018.

[6] Zwicker E., Fastl H.: Psychoacoustics. Facts and Models. Springer, 1999.