

Lärm-Monitoring

Jahresbericht *2024*

Schallmessung an Schienenwegen



Eisenbahn-Bundesamt

Impressum

HERAUSGEBER

Eisenbahn-Bundesamt
Heinemannstraße 6
53175 Bonn

www.eba.bund.de

ERSTELLUNG DES BERICHTS

Dr. rer. nat. Nathan Isert

Prof. Dr. Stefan Lutzenberger

Müller-BBM Rail Technologies GmbH
Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5
82152 Planegg bei München

Dr. rer. nat. Henning Brammer

Christoph Jöckle

Referat 52 - Umwelt

EDITOR - TITELBLATT

Mithat Serbest

BILDNACHWEIS

Eisenbahn-Bundesamt

PUBLIKATION ALS PDF

www.laerm-monitoring.de

KONTAKT

Telefon: 0228 / 9826 – 540

E-Mail: laerm-monitoring@eba.bund.de

Bonn, Juli 2026

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Zusammenfassung	3
3	Einleitung	5
4	Messstationen	6
5	Verwendete Messgrößen	8
6	Messergebnisse	11
1	Anhang: Messkonzept	44
2	Anhang: Messgrößen	47
3	Anhang: Fehlerbetrachtung, Genauigkeitsbetrachtung, Messunsicherheiten	50
4	Anhang: Kennzahlen 2024	53
5	Anhang: Schienenrauheit und Abklingrate 2024	58
6	Anhang: Literatur	117

2 Zusammenfassung

Mit dem Lärm-Monitoring werden Schallemissionen aus dem Schienenverkehr kontinuierlich und einheitlich erfasst. Das Lärm-Monitoring wurde vom Bundesministerium für Verkehr initiiert und wird von diesem finanziert. Es dient dazu, den Erfolg zahlreicher Aktivitäten zum Lärmschutz, wie z. B. die Umrüstung der Güterwagen auf lärmarme Bremstechniken, zu überwachen. Im Jahr 2024 haben die 19 Messstationen entlang des deutschen Schienennetzes Zugvorbeifahrten mit einer Verfügbarkeit von 99,2 Prozent aufgezeichnet. Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse des Lärm-Monitorings für das Jahr 2024 dargestellt.

Auf Basis der Messergebnisse können folgende wesentliche Aussagen getroffen werden:

- Die Schallemissionen in Form von Mittelungspegeln, gemessen in einem Abstand von 7,5 Meter, liegen zwischen 63,4 dB(A) und 72,4 dB(A). Im Vergleich zu 2019 sind die Mittelungspegel an allen Messstationen um bis zu 6,2 dB(A) reduziert. Insbesondere an Messstationen mit höheren Pegeln konnte eine deutliche Reduktion gemessen werden. Selbst an Messstationen, an denen der Verkehr zugenommen hat, gingen die Schallemissionen im Vergleich zu 2019 zurück.
- Insgesamt sind es weiterhin Güterzüge, die an den Messstationen die wesentlichen Geräuschquellen darstellen. Sie verursachten etwa 73 Prozent der gemessenen Gesamtemission. Im Jahr 2019 betrug der Anteil an der Gesamtemission noch 90 Prozent. Die Reduktion der Mittelungspegel ist auf die Reduktion der Emissionen aus dem Güterverkehr zurückzuführen.
- Ein wesentlicher Beitrag zur Verringerung der Schallemissionen geht auf die Umrüstung der Güterwagen von Grauguss-Bremssohlen auf rollgeräuschkindernde Verbundstoff-Bremssohlen sowie auf die Neubeschaffung von Güterwagen gemäß den Vorgaben der TSI Lärm [1] zurück. Dadurch kann die Schallemission eines Güterwagens um etwa 10 dB(A) reduziert werden. Seit Juni 2019 stieg der Anteil an Güterwagen, welche als lärmarm¹ und somit als eindeutig umgerüstet klassifiziert wurden, von 59 Prozent auf durchschnittlich 89 Prozent im Jahr 2024.
- Der Einsatz lauter Güterwagen ist seit dem 13.12.2020 verboten. Die Bremsausstattung der Güterwagen wird durch das Eisenbahn-Bundesamt im Rahmen von Kontrollen des Schienenlärmschutzgesetzes (SchlärmschG) regelmäßig überprüft. Im Jahr 2024 waren fast alle (99,9 Prozent) der überprüften Güterwagen mit Verbundstoffbremssohlen bzw. Scheibenbremsen ausgestattet (siehe [Jahresbericht Schienenlärmschutzgesetz](#)). Auch die Ergebnisse des Lärm-Monitorings belegen, dass seit Dezember 2020 fast alle Güterwagen mit Verbundstoff-Bremssohlen ausgestattet waren (vgl. Abschnitt 6.5). Die teilweise gemessenen lauterer Pegel werden z. B. von akustisch ungünstigen Radzuständen bedingt.

¹ Als lärmarm werden die Güterwagen bezeichnet, welche einen Vorbeifahrtpegel $L_{pAeq,T,APL,80}$ von 86 dB(A) nicht überschreiten, da Güterwagen mit Grauguss-Bremssohlen grundsätzlich größere Vorbeifahrtpegel aufweisen. Für Neuzulassungen von Güterwagen nach TSI Lärm liegt der bei Abnahmemessungen einzuhaltende Grenzwert bei 83 dB(A). Bei Messungen im realen Betrieb können Güterwagen mit Verbundstoffbremssohlen diesen Wert jedoch übersteigen, ohne dabei den Vorgaben der TSI Lärm zu widersprechen, z. B. wenn der akustische Gleiszustand nicht den hohen Vorgaben der Abnahmemessung entspricht. Details in Abschnitt 5.4.

- Seit der Inbetriebnahme der Lärm-Monitoringstationen bis zum Jahr 2021 wurden an allen Stationen Schallpegelminderungen festgestellt, die maßgeblich auf die Umrüstung der Güterwagen zurückzuführen waren. Seit Abschluss Umrüstung beeinflussen eine Vielzahl kleinerer Einflussfaktoren wie z. B. die Zuganzahl, die Vorbeifahrtgeschwindigkeit oder die Gleiseigenschaften die Entwicklung der Schallemissionen an den einzelnen Stationen.

Weitere Messdaten, welche in Echtzeit aktualisiert werden, können auf der Internetseite www.laerm-monitoring.de abgerufen werden.

3 Einleitung

Mit dem netzweiten Lärm-Monitoring stellt die Bundesregierung den langfristigen Trend des Schienenverkehrslärms transparent und nachvollziehbar dar. Hierfür wurden entlang des Schienennetzes Messstationen errichtet, die nach einheitlicher Methode den Schallemissionspegel (Maß für die Lautstärke) vorbeifahrender Züge messen. 19 Messstationen im Netz erfassen mehr als zwei Drittel des gesamten Schienengüterverkehrs.

Das Lärm-Monitoring erfasst Schallemissionen über einen längeren Zeitraum und wertet die gewonnenen Daten statistisch aus. Damit können Aussagen zur zeitlichen Entwicklung der Schallemissionen gemacht werden – also ob der Schienenverkehr z. B. durch die Umrüstung der Güterwagen auf leise Bremssohlen tatsächlich leiser geworden ist.

Das Lärm-Monitoring ermöglicht unter anderem die Überprüfung, ob das am 13. Dezember 2020 in Kraft getretene Verbot des Betriebs lauter Güterwagen (Schienenlärmschutzgesetz) den erwarteten Effekt bringt – eine deutliche Reduktion der Schallemissionen des Schienenverkehrs.

Im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes führt die Müller-BBM Rail Technologies GmbH diese Messungen durch. Das Lärm-Monitoring wurde vom Bundesministerium für Verkehr initiiert und wird von diesem finanziert. Es dient dazu, den Erfolg der Aktivitäten zum Lärmschutz, wie z. B. die Umrüstung der Güterwagen auf lärmarme Bremstechniken, zu überwachen.

Das Lärm-Monitoring erfolgt gemäß der E DIN 38452-1:2020-03; Langzeitmessung von Schienenverkehrsgeräuschen –Teil 1: Emissionen; Entwurf März 2020 [2] mit der höchsten Qualitätsstufe 3.

Für diesen Bericht wurden die Messergebnisse aus dem Jahr 2024 ausgewertet und aufbereitet. Auf der Internetseite www.laerm-monitoring.de können die Messergebnisse im Einzelnen eingesehen werden. In Echtzeit sind die Pegelschriebe der Messstationen sowie die Daten zu den Zugvorbeifahrten verfügbar. Die Mittelungspegel werden ebenfalls regelmäßig veröffentlicht. Einen Monat nach der Messung stehen die Daten der Zugvorbeifahrten sowie die Mittelungspegel auch zum Download zur Verfügung. Dieser Zeitraum wird für die Überprüfung der Messdaten benötigt.

4 Messstationen

4.1 Messtechnik

Für jedes Gleis ist ein Mikrofon zur Messung der Schallemissionen normgerecht [2] in 7,5 Meter Entfernung zur Gleismitte und 1,2 Meter über Schienenoberkante installiert. Alle in diesem Bericht genannten akustischen Kenngrößen beziehen sich auf diesen Abstand. Aus den Signalen der im Gleis verbauten Sensoren werden Zeitpunkt und Geschwindigkeit der Zugvorbeifahrten bestimmt. Details zum Messaufbau befinden sich in Anhang 1.

4.2 Messstandorte

Die Standorte der Messstationen wurden auf Basis einer Auswertung der Verkehrsströme ermittelt, so dass ein hoher Anteil insbesondere des Güterverkehrs erfasst wird. Güterzüge sind zurzeit die dominante Schallquelle im Schienenverkehr. Die Messstationen wurden so im Schienennetz positioniert, dass sie mehr als zwei Drittel des in Deutschland verkehrenden Güterzugverkehrs erfassen.

Darüber hinaus sollen die Messungen nicht von der Umgebung beeinflusst werden. Insbesondere dürfen sie nicht von Schallreflexionen an Flächen in der Umgebung gestört werden. Genauso sollen Hintergrundgeräusche die Messungen nicht beeinträchtigen. Deshalb stehen die Messstationen grundsätzlich nicht neben Gebäuden oder in lärmintensiven Umgebungen.

Die Art des Infrastrukturaufbaus beeinflusst die Entstehung und Ausbreitung des Schalls. Deshalb wurden Standorte gewählt, die einen Standardoberbau aufweisen (i. d. R. Schiene E60, Betonschwelle B70 und Schotter) und auf einem geraden Streckenabschnitt liegen, in dem keine Lärmschutzmaßnahmen vorgenommen wurden.

Die Verteilung der Messstandorte ist in der folgenden Abbildung 1 dargestellt.

4.3 Wagenscharfe Messung

Eisenbahnfahrzeuge werden anhand der detektierten Achsvorbeifahrten unterschieden. Den Wagen wird der Vorbeifahrtpegel, der während der Zeit der Vorbeifahrt von Puffer zu Puffer gemessen wird, zugeordnet. Dies ist eine solide Datenbasis für die im Bericht durchgeführten statistischen Auswertungen. Im Einzelfall kann die Schallemission eines benachbarten lauten Güterwagens die Messung eines leisen Wagens beeinflussen.

Zudem werden mittels einer Hochgeschwindigkeitskamera und automatischer Schrifterkennung mittels künstlicher Intelligenz die Wagennummern bestimmt. Dies ermöglicht tiefergehende statistische Auswertungen (siehe Abbildung 18).

Durch die Umrüstung der Güterwagen und den insgesamt niedrigeren Vorbeifahrtpegel treten die durch Flachstellen bzw. Raddefekte verursachten klopfenden oder dröhnenden Geräusche vermehrt in den Fokus. Die hierdurch verursachten Schallemissionen werden bereits vom Lärm-Monitoring erfasst, können jedoch nicht gesondert ausgewiesen werden. Um mehr hierüber zu erfahren, wurden zwei Stationen mit Sensorik für die radscharfe Erfassung von lokalen Raddefekten ausgestattet. Erste Ergebnisse werden für den Jahresbericht 2025 erwartet.

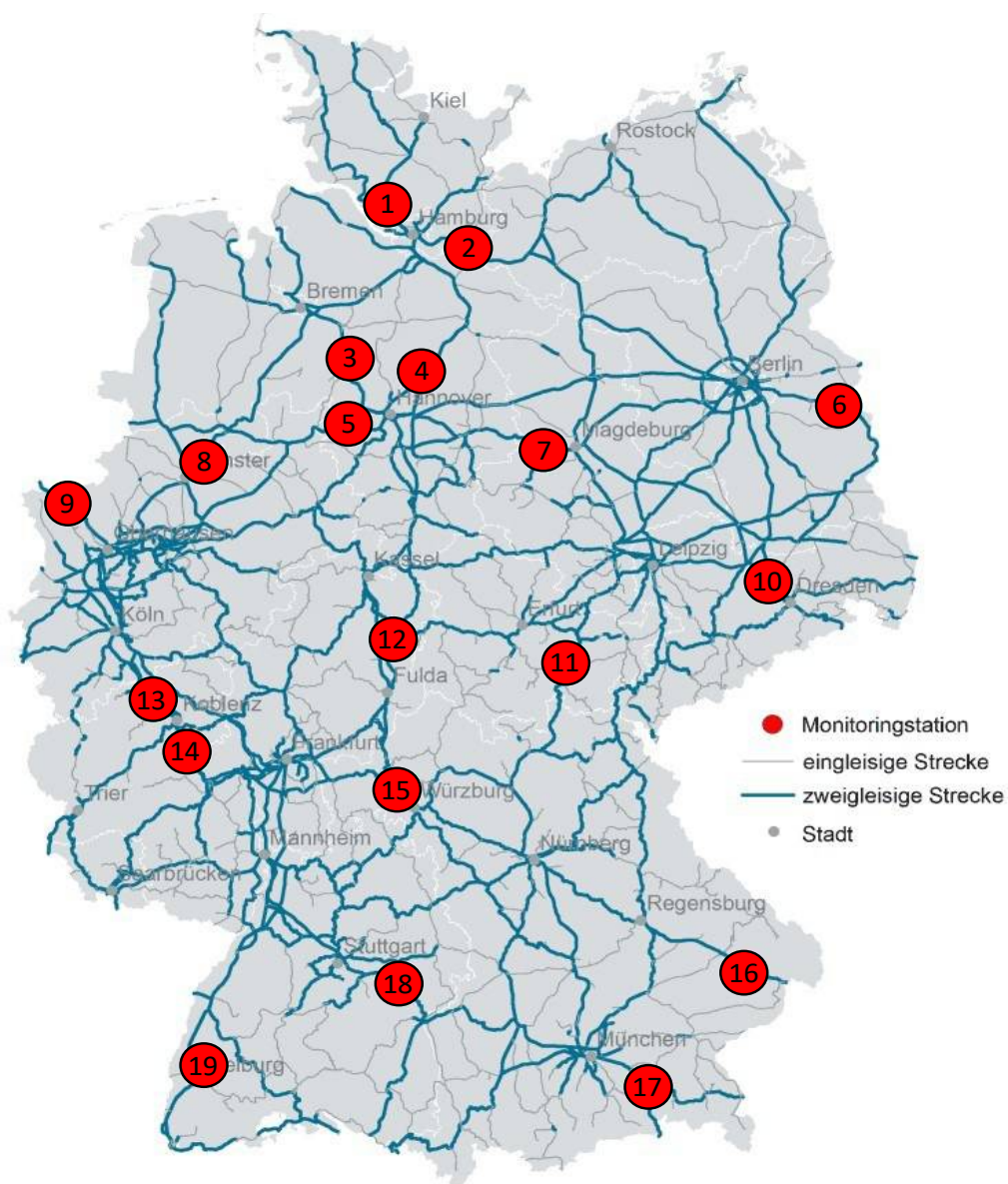


Abbildung 1: Standorte der Messstationen

Tabelle 1: Standortbeschreibung der Messstationen

Nr.	Standorte der Lärmmessstationen	Nr.	Standorte der Lärmmessstationen
1	Elmshorn, Strecke 1220: Hamburg – Kiel	11	Saalfeld, Strecke 6305: Großheringen – Saalfeld
2	Schwarzenbek, Strecke 6100: Berlin – Hamburg	12	Bad Hersfeld, Strecke 3600: Bebra – Fulda
3	Nienburg, Strecke 1740: Wunstorf – Bremen	13	Andernach, Strecke 2630: Köln – Bingen
4	Celle, Strecke 1720: Lehrte – Hamburg	14	Lahnstein, Strecke 3507: Koblenz – Wiesbaden
5	Stadthagen, Strecke 1700: Hannover – Minden	15	Karlstadt, Strecke 5200: Würzburg – Aschaffenburg
6	Fürstenwalde, Strecke 6153: Berlin – Guben	16	Osterhofen, Strecke 5830: Regensburg – Passau
7	Eilsleben, Strecke 6110: Braunschweig – Magdeburg	17	Rosenheim, Strecke 5510: München – Rosenheim
8	Telgte, Strecke 2200: Wanne-Eickel – Hamburg	18	Göppingen, Strecke 4700: Stuttgart – Ulm
9	Emmerich, Strecke 2270: Oberhausen – Emmerich (Grenze)	19	Emmendingen, Strecke 4000: Mannheim – Basel
10	Radebeul, Strecke 6248: Berlin – Dresden		

5 Verwendete Messgrößen

Das Lärm-Monitoring erfasst die Schallemissionen aus dem Schienenverkehr, zeigt aber – soweit das möglich ist – auch die Ursachen der Emissionen auf.

5.1 Entstehung der Schallemissionen

Die wichtigste Schallquelle im Schienenverkehr ist das Rollgeräusch. Andere Geräusche, wie Aggregatgeräusche oder aerodynamische Geräusche, spielen bei den typischen Geschwindigkeiten an den Messstationen eine nachgeordnete Rolle.

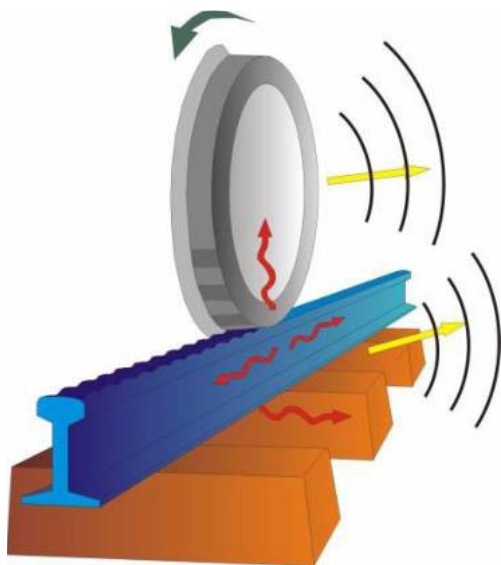


Abbildung 2: Schall- und Erschütterungserzeugung verursacht durch ein rollendes Rad mit Rundheitsabweichungen auf einer Schiene mit Riffeln (Quelle: TNO)

Der Entstehungsprozess des Rollgeräusches kann in Anregung und Abstrahlung unterteilt werden (siehe Abbildung 2). Die Anregung findet am Rad-Schiene-Kontakt statt: Da sowohl das Rad als auch die Schiene nicht perfekt glatt, sondern rau sind, bewegen sich Rad und Schiene während des Abrollens zueinander. Je nachdem, wie schnell dies passiert, werden verschiedene Eigenfrequenzen von Rad und Schiene angeregt – sowohl Rad als auch Schiene beginnen zu schwingen. Diese Komponenten übertragen einen Teil der Schwingungsenergie an die Luft – und strahlen somit den Schall ab.

Je schneller das Rad abrollt, desto mehr Energie ist in der relativen Schwerpunktbewegung vorhanden und desto mehr Schall wird emittiert.

Eine größere Anzahl von vorbeifahrenden Rädern führt zu einer Zunahme der Schallemission.

5.2 Schallpegel

Abbildung 3 zeigt einen typischen Pegelschrieb über eine gewisse Zeitdauer. In diesem sind die wichtigsten Pegelgrößen exemplarisch dargestellt.

In den **Mittelungspegel** gehen Stärke und Dauer jedes Einzelgeräusches während eines bestimmten Bezugszeitraums (z. B. ein Monat) ein. Pegelspitzen werden durch ihre hohe Intensität und die energetische Mittelung besonders stark berücksichtigt. Für die Bestimmung des Mittelungspegels

wird die Schallenergie aller Zugvorbeifahrten im Bezugszeitraum zusammengerechnet und durch die Dauer des Bezugszeitraums geteilt. Er ist für die Zeiträume Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr), Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr des Folgetages) und 24 Stunden berechnet.

Der Mittelungspegel beschreibt den Schall über lange Zeiträume und ist gesetzlich für die Bewertung verankert, da alle wesentlichen Einflussgrößen (Anzahl der Züge bzw. Achsen, die Fahrgeschwindigkeit, die Beschaffenheit des Rollmaterials und die Beschaffenheit des Gleises) in den Mittelungspegel eingehen.

Der **Vorbeifahrtexpositionspegel** (engl. Transit Exposure Level, *TEL*) gibt den mittleren Schalldruckpegel während einer einzelnen Vorbeifahrt an. Die Länge des Zuges hat kaum Einfluss. Rechnerisch kann der geschwindigkeitsnormierte Vorbeifahrtexpositionspegel berechnet werden, den der Zug bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h gehabt hätte (siehe Anhang 2.5). Auf Basis des sogenannten *TEL80* können die Schallemissionen verschiedener Züge miteinander verglichen werden.

Der **Maximalpegel** gibt den größten Pegelwert während einer Zugvorbeifahrt an.

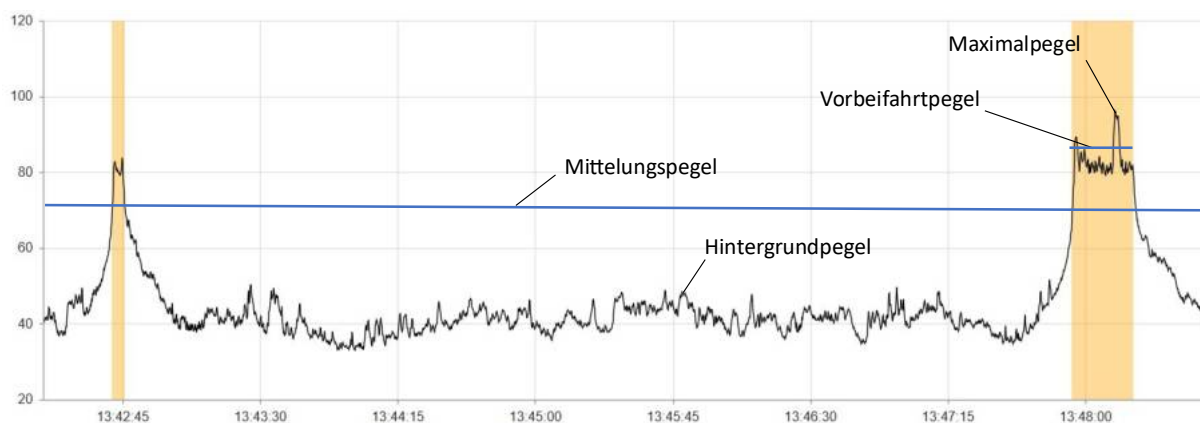


Abbildung 3: Mittelungs-, Vorbeifahrt-, Maximal- und Hintergrundpegel am Beispiel einer Zugvorbeifahrt an der Messstation Rosenheim.

5.3 Gleiszustand

Für die Beschreibung des akustischen Gleiszustands werden zwei Größen gemessen: Die **Rauheit** der Schienenfahrlflächen (Schienenrauheit), welche zusammen mit der Rauheit der Räder die Anregung des Rollgeräusches bestimmt, sowie die **Gleisabklingrate**. Letztere beschreibt die Dämpfung von Schwingungen im Gleis und wirkt sich auf die Schallabstrahlung der Schiene/des Gleises aus.

5.4 Rollmaterial

Für die Betrachtung des akustischen Einflusses des Rollmaterials wird der geschwindigkeitsgewichtete Schallereignispegel *TEL80* verwendet, da dieser den Einfluss von Geschwindigkeit und Zuglänge minimiert und Zugvorbeifahrten untereinander vergleichbar macht. Nicht eliminiert werden kann hingegen der Einfluss des Gleises, so dass dieser bei der Betrachtung der Werte verschiedener Messstationen berücksichtigt werden muss.

Für Güterwagen wird der Begriff **lärmarm** verwendet, wenn deren auf 80 km/h korrigierter und auf den jeweiligen APL (Achsen pro Länge) bezogene Vorbeifahrtpegel $L_{pAeq,Tp,APL,80}$ den Wert von 86 dB(A)

nicht überschreitet. Für Neuzulassungen von Güterwagen nach TSI Lärm (2014) [1] liegt der bei Abnahmemessungen einzuhaltende Grenzwert bei 83 dB(A) – und wird bei den Abnahmemessungen durch die Verwendung von Verbundstoff-Bremssohlen bzw. Scheibenbremsen eingehalten. Bei Messungen im realen Betrieb können Güterwagen mit Verbundstoffbremssohlen diesen Wert jedoch übersteigen, ohne dabei den Vorgaben der TSI Lärm zu widersprechen, z. B. wenn der akustische Gleiszustand nicht den hohen Vorgaben der Abnahmemessung entspricht. Da mit Grauguss-Bremssohlen ausgestattete Güterwagen grundsätzlich einen Vorbeifahrtpegel von mehr als 86 dB(A) aufweisen, werden Güterwagen mit einem Vorbeifahrtpegel von 86 dB(A) oder kleiner als lärmarm bezeichnet.

6 Messergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Messergebnisse des netzweiten Lärm-Monitorings dargestellt. Für einen ersten Überblick sind in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 einzelne Kenngrößen für alle 19 Messstationen zusammen dargestellt. Hierbei bestimmt sich der Beurteilungspegel L_m aus Formel (7) im Anhang: Messgrößen, wobei über alle Schallexpositionspegel summiert und mit der Anzahl eingehender Messstationen gewichtet wurde. Damit hat jede Zugvorbeifahrt denselben Einfluss auf den Mittelungspegel. Stationen mit weniger Zugvorbeifahrten werden somit nicht überrepräsentiert. Insgesamt hat die Zahl der an den Messstationen erfassten Züge im Vergleich zum Vorjahr leicht abgenommen. Die mittlere Anzahl von Achsen pro Zug als auch die mittlere Zuglänge erhöhten sich im gleichen Zeitraum leicht. Lediglich die mittlere Geschwindigkeit blieb zum Vorjahr konstant. Der Mittelungspegel L_m nahm im Vergleich zu 2019 um 3,5 dB(A) ab. Trotz der Abnahme aller Zugvorbeifahrten um etwa 4 Prozent, liegt der Mittelungspegel L_m für das Jahr 2024 mit einem Wert von 69,6 dB(A) auf dem Niveau des Vorjahres.

Tabelle 2: Tagesmittelwerte des Mittelungspegels L_m , Zugzahlen, mittlerer Achszahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten als Mittel über alle Zugkategorien und alle 19 Messstationen.

Jahr	Zug-kategorie	L_m [dB(A)]	Züge pro Tag	mittl. Achsen pro Zug	mittl. Zuglänge [m]	mittl. Geschw. [km/h]
2019	Alle	73,1	3490	60	317	109
2020	Alle	71,0	3575	59	317	110
2021	Alle	69,6	3786	61	321	109
2022	Alle	69,6	3996	61	324	111
2023	Alle	69,6	3786	59	315	111
2024	Alle	69,6	3643	60	316	111

Spezifisch ausgewertet für alle Güterzüge (Tabelle 3) ergibt sich ein vergleichbares Bild wie für den gesamten Zugverkehr aus Tabelle 2. Die durch die Güterzugvorbeifahrten verursachten Mittelungspegel sanken, bei gleichen Güterzugzahlen, von 2019 bis 2024 um 4,4 dB(A).

Tabelle 3: Tagesmittelwerte des Mittelungspegels L_m , Zugzahlen, mittlerer Achszahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten als Mittel über alle Güterzüge und alle 19 Messstationen.

Jahr	Zug-kategorie	L_m [dB(A)]	Züge pro Tag	mittl. Achsen pro Zug	mittl. Zuglänge [m]	mittl. Geschw. [km/h]
2019	GZ	72,6	1561	101	494	89
2020	GZ	70,2	1584	102	504	90
2021	GZ	68,5	1750	103	505	90
2022	GZ	68,4	1748	106	518	90
2023	GZ	68,1	1593	105	511	89
2024	GZ	68,2	1564	106	516	89

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte für die Personenzüge angegeben. Auch hier haben die Zugzahlen ein weiteres Mal abgenommen. Im Jahr 2024 nahmen die Zugzahlen um mehr etwa 5 Prozent zum Vorjahr ab. Trotzdem ist der durch die Personenzüge verursachte Mittelungspegel im Jahr 2024 zum Vorjahr etwa gleich. Insgesamt sind die verzeichneten Pegelminderungen des Gesamtsystems (siehe Tabelle 2) über die Jahre auf die Schallminderung im Güterverkehr zurückzuführen.

Tabelle 4: Tagesmittelwerte des L_m , Zugzahlen, mittlerer Achszahlen, Zuglängen und Zuggeschwindigkeiten als Mittel über alle Personenzüge und alle 19 Messstationen.

Jahr	Zug-kategorie	L_m [dB(A)]	Züge pro Tag	mittl. Achsen pro Zug	mittl. Zuglänge [m]	mittl. Geschw. [km/h]
2019	PZ	63,1	1805	27	175	127
2020	PZ	63,0	1881	26	172	128
2021	PZ	63,0	1918	25	168	127
2022	PZ	63,3	2124	26	176	129
2023	PZ	63,7	2062	26	176	129
2024	PZ	63,8	1957	26	171	129

Angaben zu den Kennzahlen an den einzelnen Stationen finden sich in Kapitel 6.1 und Kapitel 6.2. Die Messergebnisse zu den akustischen Gleiseigenschaften sowie zum Rollmaterial sind in Kapitel 6.3 und Kapitel 6.4 bzw. Anhang 5 dargestellt.

6.1 Schallemissionen an den Messstandorten

In

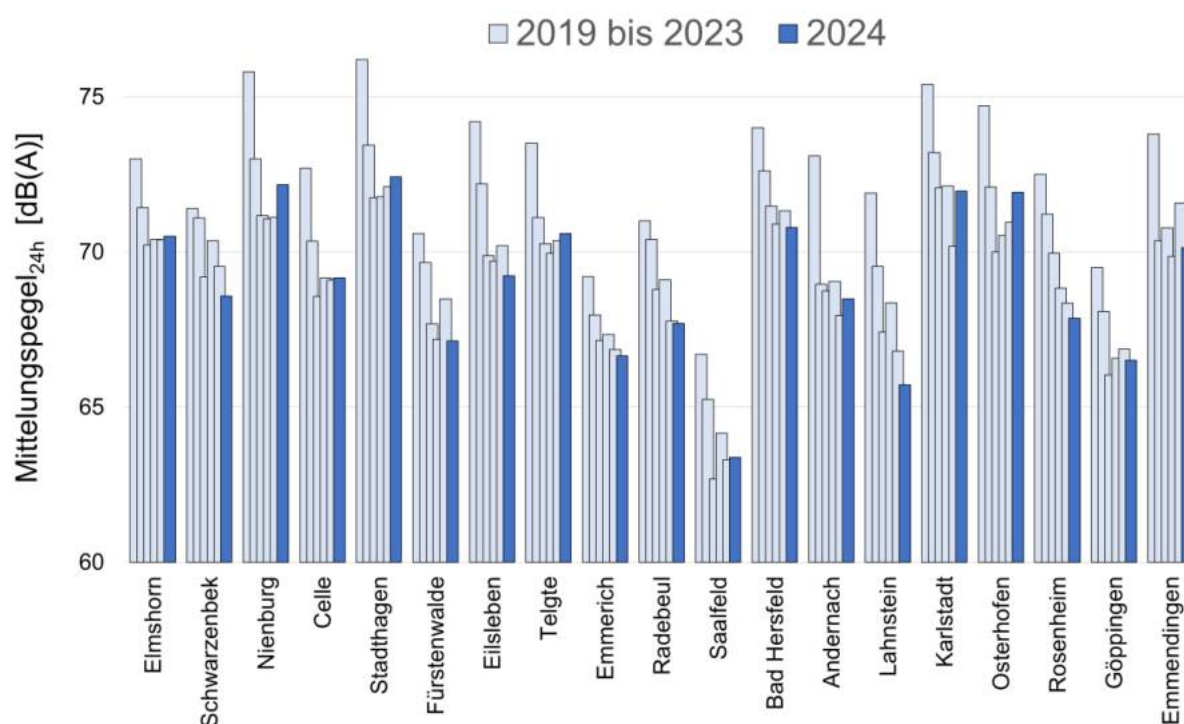


Abbildung 4 ist der Mittelungspegel L_m bezogen auf einen Zeitraum von 24 Stunden für alle Messstandorte für die Jahre 2019 bis 2023 (hellblau) und 2024 (blau) graphisch dargestellt (für weitere Kennzahlen hierzu siehe Anhang 4). Die Werte repräsentieren die Schallemission eines gesamten Jahres. Wie alle akustischen Kenngrößen dieses Berichts wurde der Mittelungspegel in einem Abstand von 7,5 Meter zur Gleismitte bestimmt.

Standorte mit hohem Verkehrsaufkommen weisen meist höhere Mittelungspegel auf als solche mit weniger Verkehr. Ausschlaggebend für den Mittelungspegel sind aber noch weitere Faktoren. Die Art des Rollmaterials (Personen- bzw. Güterzüge) und dessen Zustand haben oft den größten Einfluss auf den Mittelungspegel. Zusätzlich spielen die Fahrgeschwindigkeit und auch der Zustand des Gleises eine Rolle.

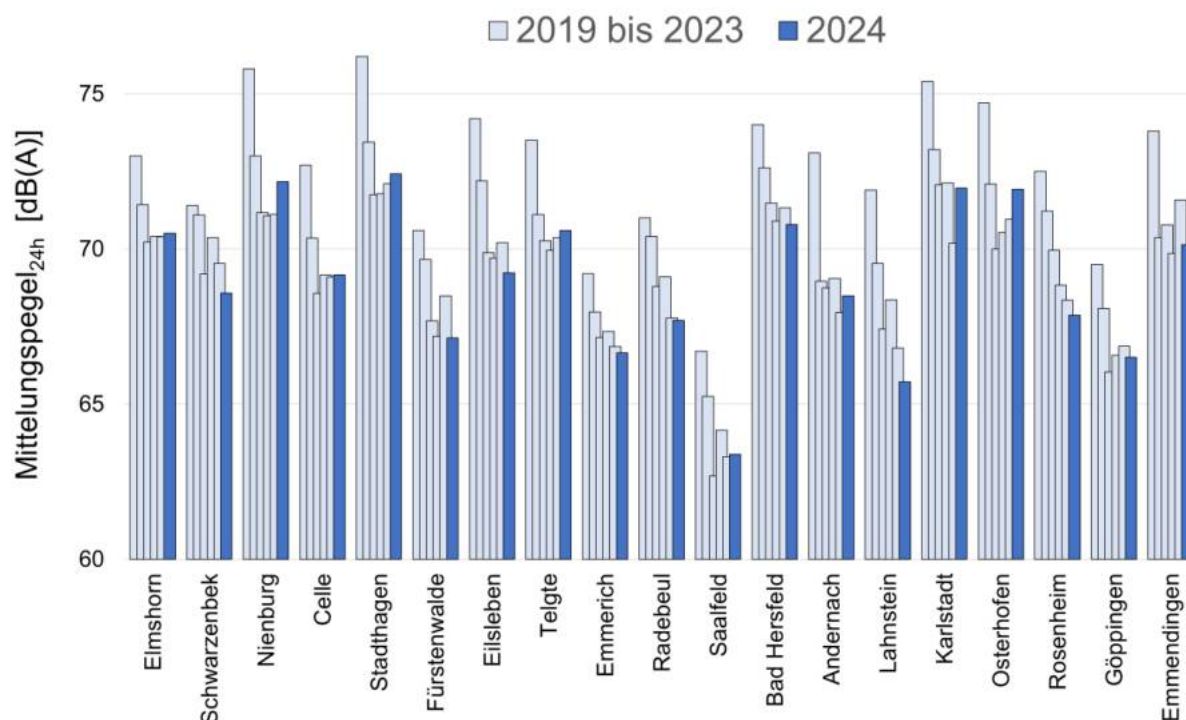


Abbildung 4: Mittelungspegel $L_{m, 24h}$ an allen Messstationen im Vergleich der Jahre 2019 bis 2023 (hellblau) und 2024 (blau)

Im Jahr 2024 lagen die Mittelungspegel zwischen 63,4 dB(A) und 72,4 dB(A). Im Vergleich zum Jahr 2019² sind die Schallemissionen aus dem Schienenverkehr an allen Messstandorten zurückgegangen. Insbesondere an Messstationen mit höheren Mittelungspegeln ist ein deutlicher Rückgang der Werte zu verzeichnen.

Dies ist im Wesentlichen auf die Umrüstung der Güterwagen auf rollgeräuschminimierende Verbundstoffbremssohlen zurückzuführen (vgl. Kapitel 5.4).

Seit dem Jahr 2021 ist die Umrüstung der Güterwagen abgeschlossen. Vergleicht man die für das Jahr 2024 ermittelten Mittelungspegel mit dem Vorjahr, ist kein stationsübergreifender Trend zu erkennen. Vielmehr entwickeln sich die Schallemissionen an den einzelnen Messstationen unterschiedlich, da sie jeweils von standortspezifischen Veränderungen pegelbeeinflussender Größen wie der Anzahl der Zugvorbeifahrten, den Gleiseigenschaften, den Vorbeifahrtgeschwindigkeiten, dem eingesetzten Rollmaterial und weiteren betrieblichen Rahmenbedingungen abhängen.

Dessen ungeachtet bleiben Güterzüge die dominante Geräuschquelle im Schienenverkehr, wie Abbildung 5 entnommen werden kann. Hier ist der oben bereits dargestellte gesamte Mittelungspegel $L_{m, 24h}$ (blau) mit den Mittelungspegeln $L_{m, GZ}$ (gelb) bzw. $L_{m, PZ}$ (grün) dargestellt, die sich ergeben, wenn ausschließlich Personen- bzw. Güterzugvorbeifahrten berücksichtigt werden. Herauszuheben ist die Messstation Elmshorn, an der wie bereits die Jahre zuvor, die Personenzüge den dominierenden Anteil an der Gesamtemission hatten. An dieser Messstation ist der Anteil an

² Die Messstationen sind zwischen April und November 2019 in Betrieb genommen worden. Je nach Inbetriebnahmedatum bilden die Mittelungspegel für das Jahr 2019 somit lediglich einen Zeitraum aus der zweiten Hälfte oder gegen Ende des Jahres 2019 ab.

Güterzügen gering im Vergleich zu Personenzügen. Insgesamt ist der Anteil des Güterverkehrs an der Gesamtemission rückläufig, über alle Stationen zusammen betrachtet lag er im Jahr 2024 bei 73 Prozent, 17 Prozentpunkte niedriger als noch 2019.

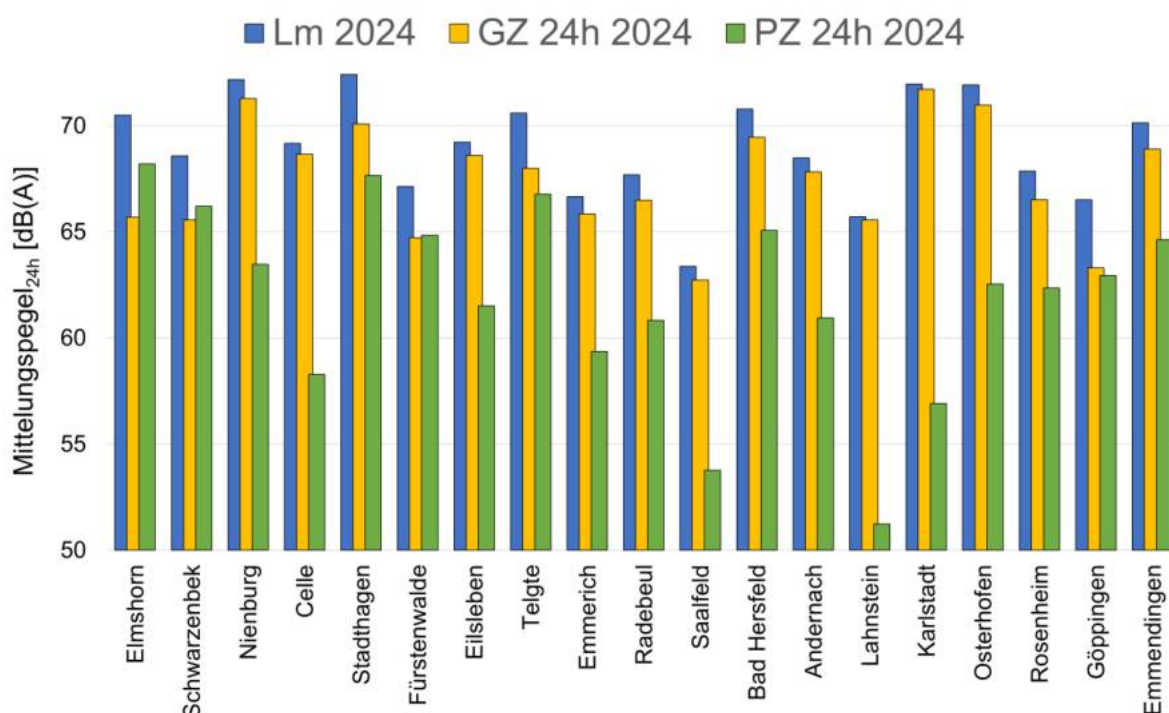


Abbildung 5: Gesamter Mittelungspegel für das Jahr 2024 $L_{m, 24h}$ (blau) pro Messstation zusammen mit den von Güter- und Personenzügen verursachten Mittelungspegeln $L_{m, GZ}$ (gelb) bzw. $L_{m, PZ}$ (grün).

In den vier nachfolgenden Abbildungen Abbildung 6 bis Abbildung 9 sind die Mittelungspegel der Jahre 2019 bis 2024 an den 19 Messstationen jeweils getrennt nach Zeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) sowie Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) und Zugkategorie (Personen- bzw. Güterzug) graphisch miteinander verglichen. Zusätzlich werden die Zuganzahl, Achsanzahl, mittlere Zuglängen und Geschwindigkeit für alle Zugfahrten dargestellt.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Mittelungspegel für die Personenzüge für Tag- und Nachtzeitraum im Vergleich zu den Pegeln der Vorjahre nicht signifikant verändert haben. Kleine Veränderungen sind oft anhand der dargestellten Parameter zu erklären. Steigt z. B. die Anzahl der Züge, so steigt der Pegel, während eine niedrigere Geschwindigkeit zu kleineren Pegeln führt. Auch die akustischen Gleisparameter sowie das Rollmaterial (siehe Abschnitt 6.3) haben einen Einfluss auf die Pegel.

Die Mittelungspegel der Güterzüge haben hingegen bis zum Jahr 2024 in der Fläche abgenommen. Dies kann auf das leisere Rollmaterial der umgerüsteten Güterwagen und den in den letzten Jahren rückläufigen Güterverkehr zurückgeführt werden. Für das Jahr 2024 lässt sich jedoch im Vergleich zu den Vorjahren kein stationsübergreifender Trend mehr feststellen, stattdessen lassen sich Änderungen am Mittelungspegel oft wie bei dem durch die Personenzüge verursachten Mittelungspegel auf Änderungen an den dargestellten Messgrößen erklären.

Auf die Änderungen an den einzelnen Messstationen wird im folgenden Kapitel 6.2 genauer eingegangen.

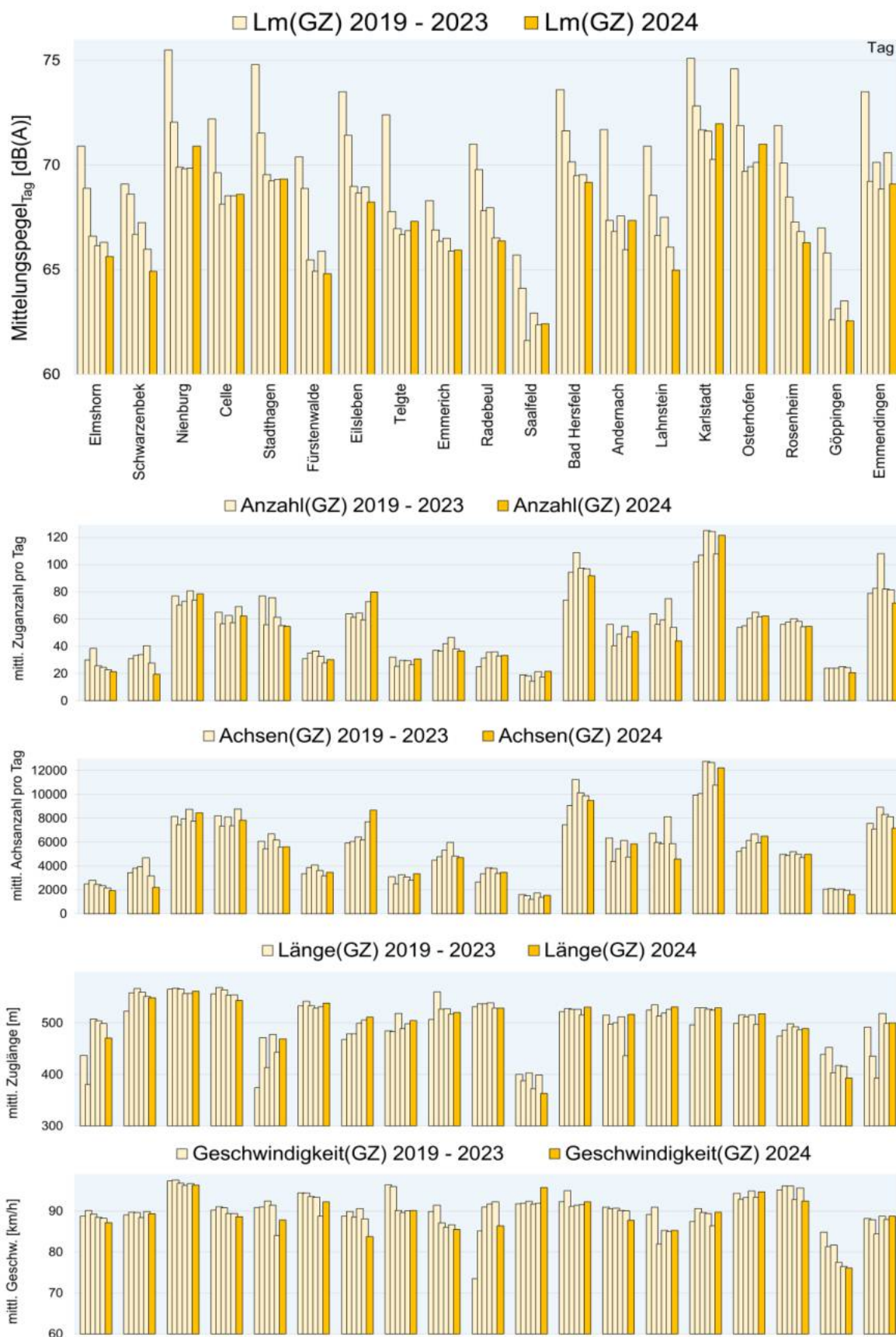


Abbildung 6: Mittelungspegel, Zuganzahl, Achsanzahl, Zuglänge und Geschwindigkeit für den Zeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) für Güterzüge. Unterteilt für das Jahr 2019 bis 2023 (hellgelb) und 2024 (gelb).

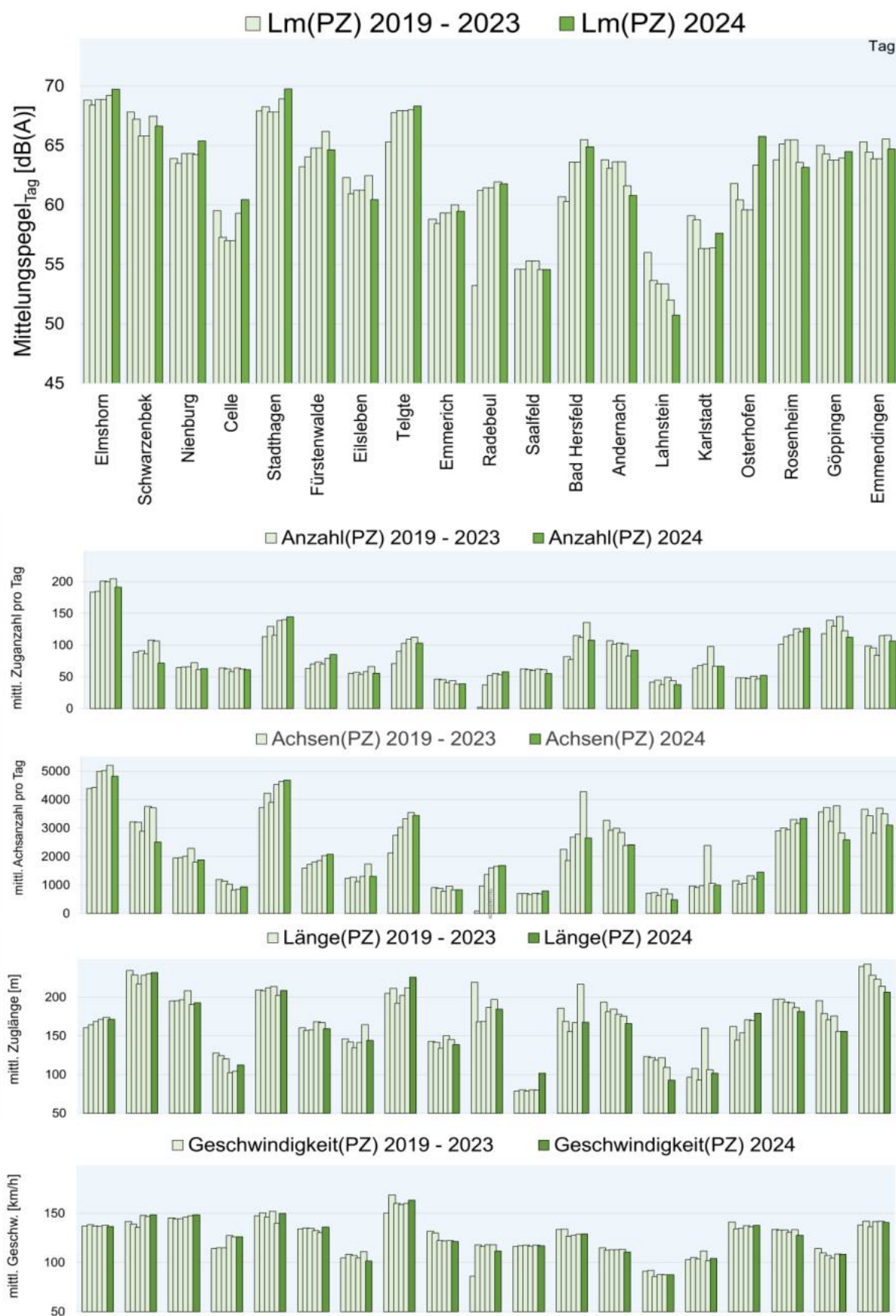


Abbildung 7: Mittelungspegel, Zuganzahl, Achsanzahl, Zuglänge und Geschwindigkeit für den Zeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) für Personenzüge. Unterteilt für das Jahr 2019 bis 2023 (hellgrün) und 2024 (grün).

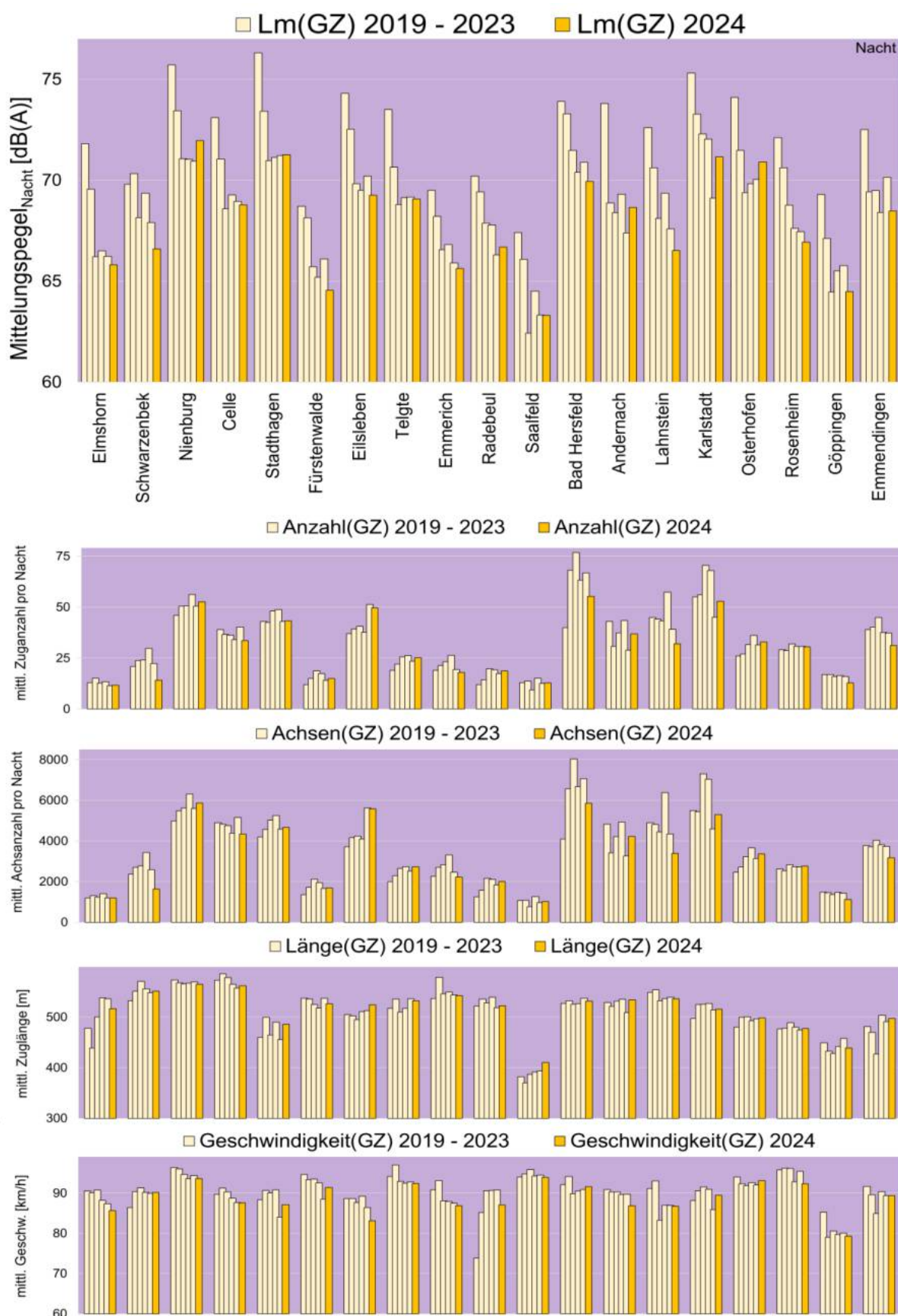


Abbildung 8: Mittelungspegel, Zuganzahl, Achsanzahl, Zuglänge und Geschwindigkeit für den Zeitraum Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) für Güterzüge. Unterteilt für das Jahr 2019 bis 2023 (hellgelb) und 2024 (gelb).

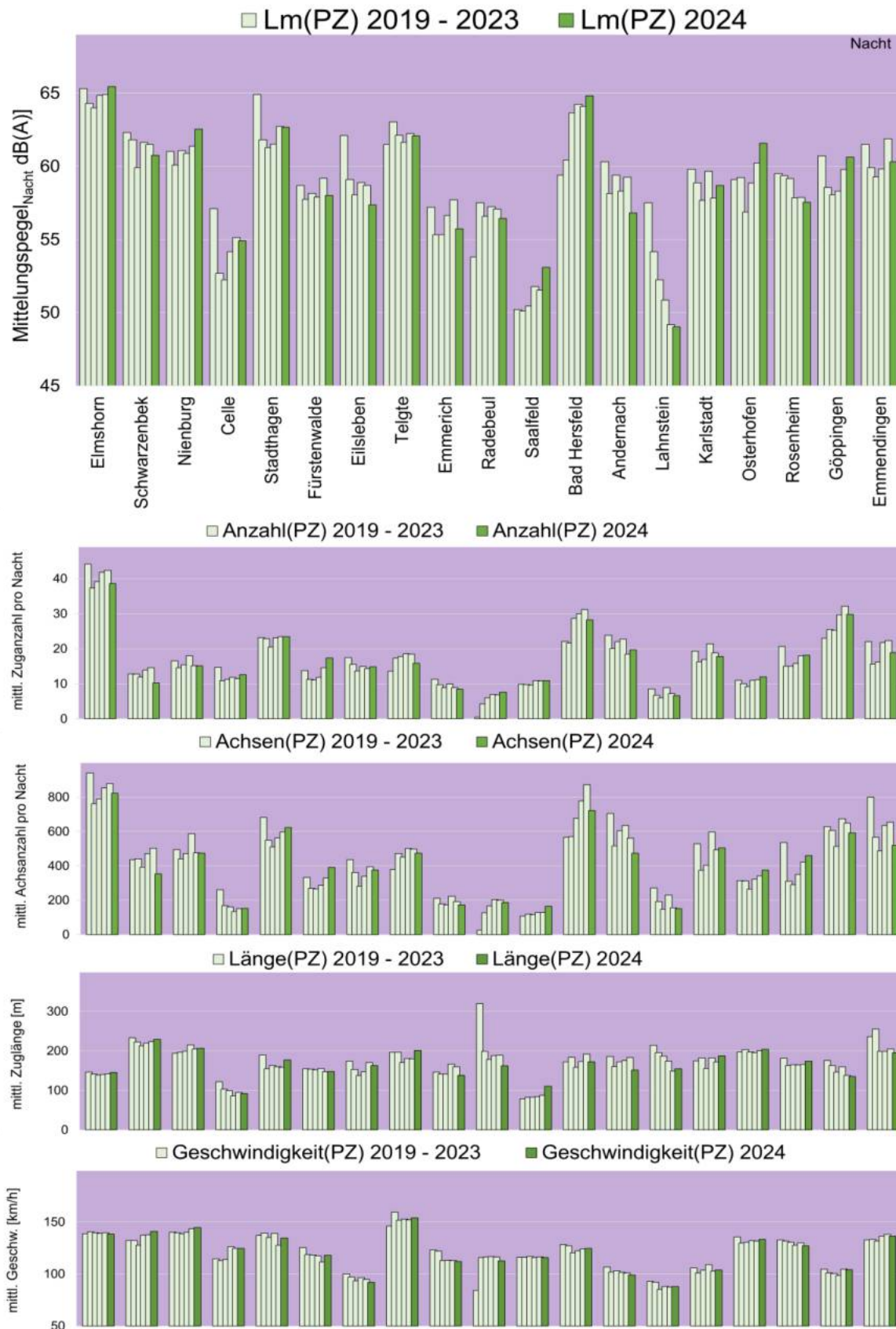


Abbildung 9: Mittelungspegel, Zuganzahl, Achsanzahl, Zuglänge und Geschwindigkeit für den Zeitraum Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) für Personenzüge. Unterteilt für das Jahr 2019 bis 2023 (hellgrün) und 2024 (grün).

6.2 Kurzbeschreibung der Messstandorte

An den einzelnen Messstandorten stellt sich die Situation wie folgt dar:

ELMSHORN

An der Lärm-Monitoringstation Elmshorn hat sich der gemessene Mittelungspegel für das Jahr 2024 im Vergleich zu 2019 um 2,5 dB(A) gemindert. Die Personenzüge stellen mit über 86 Prozent den größten Anteil am Gesamtverkehr. An der Messstation wurden im Jahresmittel über 67 Prozent der verkehrenden Güterwagen als lärmarm identifiziert. Dies liegt unter dem bundesweiten Mittel von 84 Prozent.

SCHWARZENBEK

An der Messstation Schwarzenbek reduzierte sich der Mittelungspegel im Vergleich zu 2019 um 2,8 dB(A) auf 68,6 dB(A) im Jahr 2024. Die Zugvorbeifahrtenkennzahlen wie Zuganzahl pro Tag, mittlere Zuglänge und mittlere Vorbeifahrtgeschwindigkeit schwanken im gesamten Messzeitraum seit 2019. Dies liegt u. a. an den Gleisbauarbeiten auf der Strecke Hamburg - Berlin.

NIENBURG

An der Lärm-Monitoringstation Nienburg hat sich die Schallleistung mehr als halbiert. Hier reduzierte sich der Mittelungspegel im Vergleich zu 2019 um über 3,5 dB(A) auf 72,2 dB(A). Der Anteil lärmarmen Güterwagen stieg im gleichen Zeitraum um fast 25 Prozentpunkte. Dieser liegt aktuell bei 82,2 Prozent.

Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Mittelungspegel etwas erhöht. Ein Grund hierfür kann die deutlich gestiegene Schienenrauheit sein.

CELLE

Der an der Lärm-Monitoringstation Celle gemessene Mittelungspegel für das Jahr 2024 liegt 3,5 dB(A) unter dem Wert aus 2019. Im gleichen Zeitraum haben sich die Anzahl der Zugvorbeifahrten sowie die Länge und Geschwindigkeit der Züge nicht wesentlich geändert. Vergleicht man den Anteil lärmarmen Güterwagen aus dem Jahr 2024 mit dem Jahr 2019, so wurden etwa 20 Prozent mehr Güterwagen als lärmarm gemessen. Der Anteil lärmarmen Güterwagen liegt mit 91,4 Prozent über dem bundesweiten Durchschnitt von 85 Prozent.

STADTHAGEN

An der Messstation Stadthagen nahm der Mittelungspegel um zwischen den Jahren 2019 und 2024 um fast 4 dB(A) ab. Der Anteil lärmarmen Güterwagen erhöhte sich bis 2024 gegenüber 2019 um über 23 Prozentpunkte auf 74,9 Prozent. Trotz des deutlichen Zuwachses an lärmarmen Güterwagen liegt der Wert weiterhin unter dem bundesweiten Durchschnitt.

FÜRSTENWALDE

Im Vergleich zu 2019 nahm der Mittelungspegel um 3,5 dB(A) auf 67,1 dB(A) ab. Die Station liegt unter dem bundesweiten durchschnittlichen Mittelungspegel von 69,7 dB(A). Fürstenwalde weist mit 94,2 Prozent den höchsten Anteil als lärmarm gemessener Güterwagen auf.

EILSLEBEN

An der Messstation Eilsleben konnte mit 5,0 dB(A), die zweithöchste Reduzierung des Mittelungspegels im Vergleich zu 2019 gemessen werden. Der Anteil lärmarmen Güterwagen liegt in Eilsleben bei über 91 Prozent und ist somit der zweithöchste Wert.

TELGTE

Die Lärm-Monitoringstation Telgte verzeichnete im Jahr 2024 einen Rückgang der Schallemissionen (Mittelungspegel) um 3 dB(A) im Vergleich zu 2019. Dies entspricht einer Halbierung der Schallleistung. Der Anteil der als lärmarm gemessenen Güterwagen stieg im gleichen Zeitraum auf ca. 78 Prozent. Die Messstation liegt weiterhin unter dem Bundesdurchschnitt von 85 Prozent.

EMMERICH

Die Lärm-Monitoringstation Emmerich weist mit 66,7 dB(A) einen der niedrigsten Mittelungspegel für das Jahr 2024 auf. Im Vergleich zu 2019 halbierte sich die Schallleistung. An dieser Messstation wurde im Jahr 2019 bereits ein vergleichsweise hoher Anteil lärmarmen Güterwagen gemessen. Der als lärmarm zu klassifizierende Anteil der Güterwagen nahm im Jahr 2024 um knapp 10 Prozent gegenüber 2019 zu.

RADEBEUL

An der Station in Radebeul haben sich die Daten der Güterzugvorbeifahrt zu 2019 insgesamt nicht signifikant verändert. Trotz dessen konnte die Schallleistung mehr als halbiert werden. Der Mittelungspegel von 67,7 dB(A) liegt unter dem bundesweiten Mittel von 69,1 dB(A). An der Messstation Radebeul konnte der höchste Anstieg an lärmarmem Güterwagen seit 2019 verzeichnet werden. Der Anteil stieg um über 35 Prozentpunkte auf 85,1 Prozent und liegt somit im bundesweiten Durchschnitt.

SAALFELD

Der Mittelungspegel ging im Vergleich zu 2019 um 3,3 dB(A) auf etwa 63,4 dB(A) zurück. Im Vergleich zu den anderen Messstationen ist dies der niedrigste Pegel. In dem gleichen Zeitraum konnte eine Reduzierung lauter Güterwagen festgestellt werden, so dass über 22 Prozentpunkte mehr lärmarme Güterwagen die Messstation in Saalfeld passiert haben.

BAD HERSFELD

Die Lärm-Monitoringstation Bad Hersfeld weist die zweithöchste Zugfrequentierung nach Karlstadt auf. Seit der Aufzeichnung 2019 hat sich die Schallleistung mehr als halbiert. Der Mittelungspegel reduzierte sich um 3,2 dB(A) auf 70,8 dB(A). Weiterhin weist die Messstation mit 91 Prozent einen überdurchschnittlichen Anteil lärmarmen Güterwagen auf.

ANDERNACH

Der Anteil lärmarmen Güterwagen stieg im Vergleich zu 2019 um 22 Prozentpunkte auf über 90 Prozent und liegt weiterhin über dem bundesweiten Durchschnitt von 85 Prozent. Der Mittelungspegel weist mit Rosenheim zusammen im gleichen Zeitraum die dritthöchste Reduzierung auf. Der Mittelungspegel ging um 4,6 dB(A) auf 68,5 dB(A) zurück.

LAHNSTEIN

An der Messstation Lahnstein ist der Mittelungspegel für das Jahr 2024 im Vergleich zu 2019 um 6,2 dB(A) auf 65,7 dB(A) zurückgegangen. Dies ist die höchste Reduzierung an allen Messstationen im gesamten Zeitraum. Mit 92,9 Prozent weist Lahnstein den zweithöchsten Anteil lärmarmen Güterwagen auf.

KARLSTADT

An der Lärm-Monitoringstation Karlstadt wurden nicht nur die meisten Güterzüge pro Tag registriert, sondern allgemein die meisten Zugvorbeifahrten. Der Mittelungspegel von 72 dB(A) wird durch den Güterverkehr dominiert. Im Vergleich zu 2019 hat sich dieser um 3,4 dB(A) reduziert. Mit einem Anteil von 82,6 Prozent an lärmarmen Güterwagen liegt die Station knapp unter dem bundesweiten Durchschnitt.

OSTERHOFEN

Der Mittelungspegel liegt an der Messstation Osterhofen 2024 knapp unter 72 dB(A) und nahm im Vergleich zu 2019 um 2,8 dB(A) ab. Der Anteil als lärmarm gemessener Güterwagen liegt mit etwa 68 Prozent unter dem bundesweiten Mittel, konnte aber zum Jahr 2019 um 12,2 Prozentpunkte gesteigert werden.

ROSENHEIM

An der Lärm-Monitoringstation Rosenheim lag der durch den Güterverkehr dominierte Mittelungspegel im Jahr 2024 bei unter 68 dB(A). Dies ist 4,6 dB(A) weniger als im Jahr 2019. Die Minderung des Mittelungspegels kann auf die verringerten Schallemission von Güterwagen zurückgeführt werden. Der Anteil lärmarmen Güterwagen lag bei etwa 91 Prozent, im Vergleich zu 2019 konnte der Anteil lärmarmen Güterwagen um 33 Prozentpunkte gesteigert werden. Dies ist der höchste Wert aller Stationen.

GÖPPINGEN

Mit einem Mittelungspegel von 66,5 dB(A) wurde der drittniedrigste Mittelungspegel an allen Stationen gemessen. Lediglich die Station in Saalfeld und Lahnstein haben einen niedrigeren Mittelungspegel für 2024. Im Vergleich zu 2019 wurden 16,2 Prozentpunkte mehr der verkehrenden Güterwagen als lärmarm gemessen. Dies entspricht einen Anteil von 75,1 Prozent und liegt unter dem bundesweiten Mittel von 85 Prozent. Wie in Elmshorn passieren die Station in Göppingen ein sehr hoher Anteil an Personenzügen, wodurch diese einen deutlicheren Einfluss auf den Mittelungspegel haben als an anderen Stationen.

EMMENDINGEN

An der Messstation in Emmendingen wurde seit 2019 mehr als eine Halbierung der Schallleistung gemessen. Mit der Reduzierung um 3,7 dB(A) liegt der Mittelungspegel von 70,1 dB(A) 2024 leicht über dem bundesweiten Durchschnitt von 69,1 dB(A). Mit 85,1 Prozent liegt der Anteil lärmarmen Güterwagen im bundesweiten Durchschnitt.

6.3 Akustische Eigenschaften der Gleise

6.3.1 Schienenrauheit

Die akustische Schienenrauheit ist eine wichtige Einflussgröße in Bezug auf das Rollgeräusch von Zugvorbeifahrten. In Kombination mit der Radrauheit werden die Schiene und das Rad zu Schwingungen angeregt, wodurch diese Komponenten Luftschall abstrahlen. Je höher die Summenrauheit aus Schienen- und Radrauheit, desto höher ist der abgestrahlte Luftschall bei gleichbleibenden Randbedingungen.

Es wurden die Schienenrauheiten in dB, re 1 μm entsprechend EN 15610:2019 [3] erfasst. Die Ergebnisse sind als Terzpegelspektren in Abhängigkeit der Wellenlänge in Anhang 5 dargestellt. Zur Verdichtung der Daten wurde jeweils der energetische Mittelwert über alle Messspuren beider Schienen separat für jedes Gleis und jeden Messquerschnitt bestimmt. Informativ enthält jedes Ergebnisdiagramm das Grenzspektrum für Referenzgleisabschnitte nach EN ISO 3095 [4].

Für eine bessere Übersicht und Vergleichbarkeit sind die Rauheits-Einzahlwerte L_{ACA} in dB für die Bezugs-Geschwindigkeit 80 km/h angegeben. Die Bestimmung der Rauheits-Einzahlwerte erfolgte entsprechend „*Deliverable 12 part 1 of the HARMONOISE project*“ [5]. Je kleiner der Rauheits-Einzahlwert, desto kleiner ist die akustische Rauheit der Schienenoberfläche. Die Unterschiede der Rauheitseinzahlwerte können als Anhaltswerte für die Änderung der Rollgeräuschemission bei verschiedenen Schienenrauheiten und gleichbleibenden sonstigen Bedingungen herangezogen werden. Nicht berücksichtigt ist dabei die Radrauheit. Bei glatten Schienen bzw. niedrigen Schienenrauheiten wird die Summenrauheit in der Regel von der Radrauheit dominiert.

In HARMONOISE wird für den Rauheits-Einzahlwert für eine Bezugsgeschwindigkeit von 120 km/h eine Einteilung in etwa wie folgt vorgenommen (für 80 km/h ist diese Klassifizierung i. d. R. vergleichbar; Grenzwerte können sich dabei aber geringfügig nach unten verschieben).

< 4 dB	glatte Schiene
5 – 7 dB	geschliffene und teils eingefahrene Schiene
7 – 9 dB	mittlere ermittelte Schienenrauheit 2001 – 2005 in den Niederlanden
10 – 11 dB	Rauheit vergleichbar mit der eines glatten Rades
14 – 17 dB	raue Schiene
18 – 20 dB	Rauheit vergleichbar mit der eines rauen Rades (Grauguss gebremst)
> 25 dB	stark korrodierte Schiene

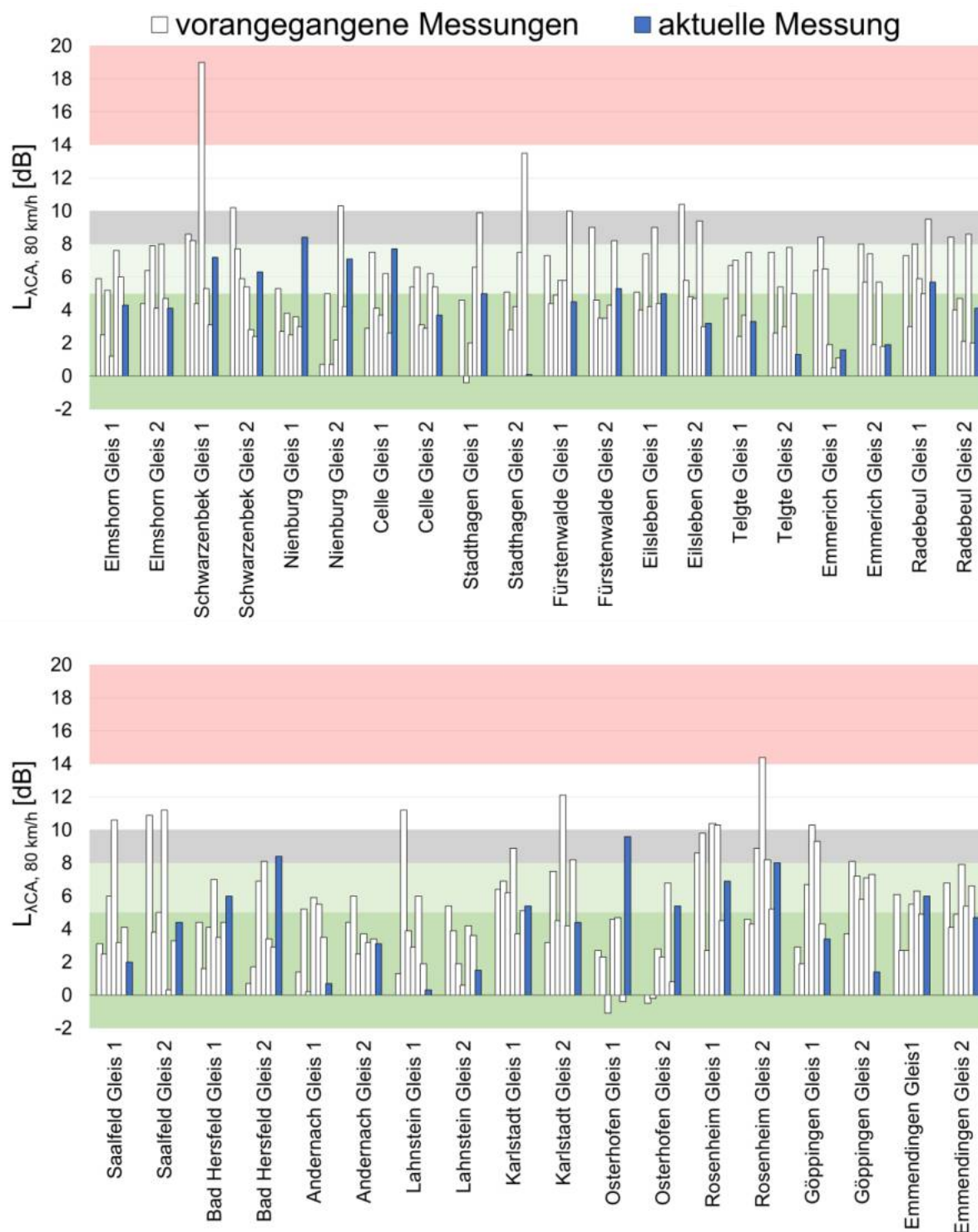


Abbildung 10: Rauheits-Einzahlwerte L_{ACA} in dB für alle Messquerschnitte aller Messstandorte mit der Bezugs-Geschwindigkeit 80 km/h. Die grauen Balken repräsentieren die Ergebnisse der Initialmessung und die blauen Balken zeigen die Ergebnisse der aktuellen Messung (Messzeitraum Mitte August 2024 bis November 2024).

Die Rauheits-Einzahlwerte der jüngsten Messungen variieren signifikant zwischen 0,1 und 9,6 dB. Da in der Regel die Radrauheit bestimmend für die Schallemission ist, sind die Auswirkungen der Schienenrauheit auf die Schallemission geringer.

Die Schienenrauheit kann sich mit der Zeit verändern. Durch Radschäden, Bremsen, Verschmutzungen, Kurvenfahrten, Alterung, etc. entstehen Schäden in der Schienenlauffläche.

Schienenschleifen entfernt diese Schäden i. d. R., hinterlässt aber je nach Schleifverfahren ein Schleifmuster, was ebenfalls rau ist. Dieses Schleifmuster fährt sich mit der Zeit ab. Der Effekt ist teils auch in Abbildung 10 ursächlich für die großen Unterschiede zwischen den verschiedenen Messungen. An 13 von 19 Messorten liegt eine gute akustische Schienenrauheit mit $L_{ACA} < 7$ vor. An zahlreichen Gleisen erfüllt die Schienenrauheit annähernd oder vollständig die Anforderungen an ein Referenzgleis nach EN ISO 3095.

An Messstellen mit hohen Rauheits-Einzahlwerten erfahren Rad und Schiene i. d. R. stärkere Anregungen. Der Vorbeifahrtpegel kann dadurch erhöht sein. Dies gilt insbesondere für Fahrzeuge mit glatten Radlaufflächen, wohingegen für Fahrzeuge mit rauen Radlaufflächen der Einfluss der Schienenrauheit geringer ist.

Rauheits-Einzahlwerte für die Bezugs-Geschwindigkeit 120 km/h und detaillierte Darstellungen der Schienenrauheit für alle Messstandorte finden sich in Anhang 5.

6.3.2 Abklingrate

Die Gleisabklingrate ist eine weitere wichtige Einflussgröße in Bezug auf das Rollgeräusch von Zugvorbeifahrten. Die Gleisabklingrate in dB/m stellt die längenbezogene Dämpfung des Gleises dar. Je höher die Abklingrate, desto geringer ist die Schwingungsausbreitung in der Schiene. Damit ist bei höheren Abklingraten auch der von der Schiene abgestrahlte Luftschall geringer.

Anders als die Schienenrauheit beeinflusst die Gleisabklingrate die Schallemission unabhängig von der Rauheit der Radlaufflächen.

Es wurden die Gleisabklingraten in dB/m entsprechend EN 15461:2008 [6] bestimmt. Die Abklingraten sind als Terzbandspektren für die vertikale und horizontale Messrichtung für jede Schiene dargestellt. Dabei bezieht sich die Bezeichnung „linke“ bzw. „rechte“ Schiene auf die Fahrtrichtung. Informativ enthält jedes Ergebnisdiagramm das Grenzspektrum für Referenzgleisabschnitte nach EN ISO 3095 [4]. (Hinweis: Einzelne Frequenzbereiche der Graphen sind grau dargestellt, sofern das Ergebnis als nicht vertrauenswürdig einzustufen ist, z. B. aufgrund unzureichender Signalqualität).

Für eine bessere Übersicht und Vergleichbarkeit sind die Einzahlwerte der Auswirkung der Gleisdämpfung auf die der Schallabstrahlung des Gleises in dB in Bezug zu einem Standardgleis (mit harten Zwischenlagen) angegeben. Die Bestimmung der Einzahlwerte orientiert sich an der Methodik von David Thompson (Single Number Descriptor of Track Decay Rates, A Proposal for SBB, 2012) [7] für den Vergleich der Wirkung von Schienenstegdämpfern. Für das netzweite Lärm-Monitoring wurde die Methodik angepasst, um eine Bewertung der Schallabstrahlung des Gleises von Streckengleisen zu ermöglichen. Je niedriger der Wert ist, desto geringer ist die Schallabstrahlung des Gleises. Die Unterschiede der Einzahlwerte können als Anhaltswerte für die Änderung der Schienenemissionen bei verschiedenen Gleisabklingraten und gleichbleibenden sonstigen Bedingungen herangezogen werden. Insbesondere hohe Werte des Einzahlindikators deuten auf eine erhöhte Schallemission hin, wohingegen bei niedrigen Werten die Schallabstrahlung der Räder dominiert und die Auswirkungen des Einzahlindikators gering sind.

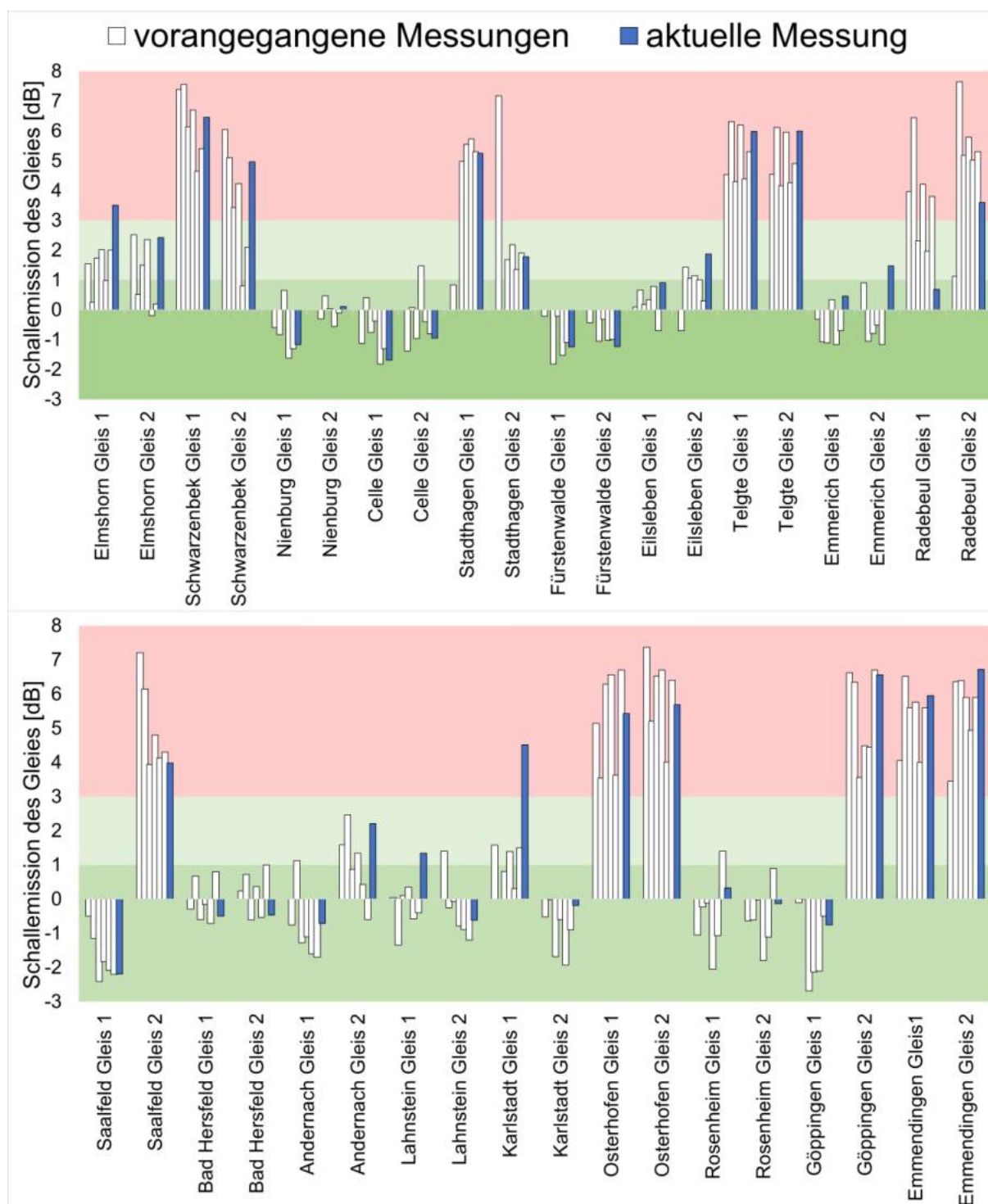


Abbildung 11: Einzahlwerte der Schallemmissionen des Gleises für alle Messquerschnitte aller Messstandorte. Die grauen Balken repräsentieren die Ergebnisse der Initialmessung und die blauen Balken zeigen die Ergebnisse der aktuellen Messung

Die Abklingrate ist an den Messstandorten sehr unterschiedlich. Referenzgleiseigenschaften werden an vielen Standorten zumindest annähernd erreicht. Wie in Abbildung 11 zu erkennen lassen sich die Gleise in zwei Kategorien mit niedrigerer Schallabstrahlung (Einzahlindikator -3 dB bis 2 dB) und höherer Schallabstrahlung (Einzahlindikator > 3 dB) unterteilen. Für letztere ist von einer erhöhten Gesamtschallemmission auszugehen. Vermutlich ist dies auf härtere und weichere Zwischenlagen zurückzuführen. Zur Erklärung: Zwischenlagen befinden sich zwischen Schiene und Betonschwelle.

Durch ihre elastischen Eigenschaften helfen sie, die Kraft der Achsen auf die verschiedenen Schwellen zu verteilen und so für weniger Verschleiß und mehr Laufruhe der Fahrzeuge zu sorgen.

Im Vergleich zu den Vorjahren haben sich die Abklingraten in der Fläche nicht signifikant verändert. Eine auffällige Änderung findet sich für den Wert von Karlstadt Gleis 1. Hier wurden die Gleise erneuert und die Messstation aufgrund des Baus von Lärmschutzwänden um ca. 100m verschoben. Es wird davon ausgegangen, dass sich in dem Zusammenhang die Dämpfungseigenschaften des Gleises verändert haben.

Detaillierte Darstellungen der Abklingraten für alle Messstandorte finden sich in Abbildung 11 sowie im Anhang 5.

6.4 Akustische Eigenschaften des Rollmaterials

6.4.1 Vorbeifahrtexpositionspegel der Züge

Der *TEL80* gibt den auf 80 km/h normierten Vorbeifahrtexpositionspegel einer Zugvorbeifahrt an. Dieser ist größtenteils unabhängig von der Länge und der Geschwindigkeit eines Zuges. Bei gleichen akustischen Ausbreitungsbedingungen gehen Unterschiede in den Werten auf unterschiedliche Eigenschaften des Rollmaterials und des Gleises (Rauheit und Abklingrate) zurück.

In Abbildung 12 wird die Häufigkeitsverteilung aller im Jahre 2024 gemessenen Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h, getrennt nach Güter- und Personenzügen im Vergleich zu den Vorjahren 2019 bis 2023 dargestellt.

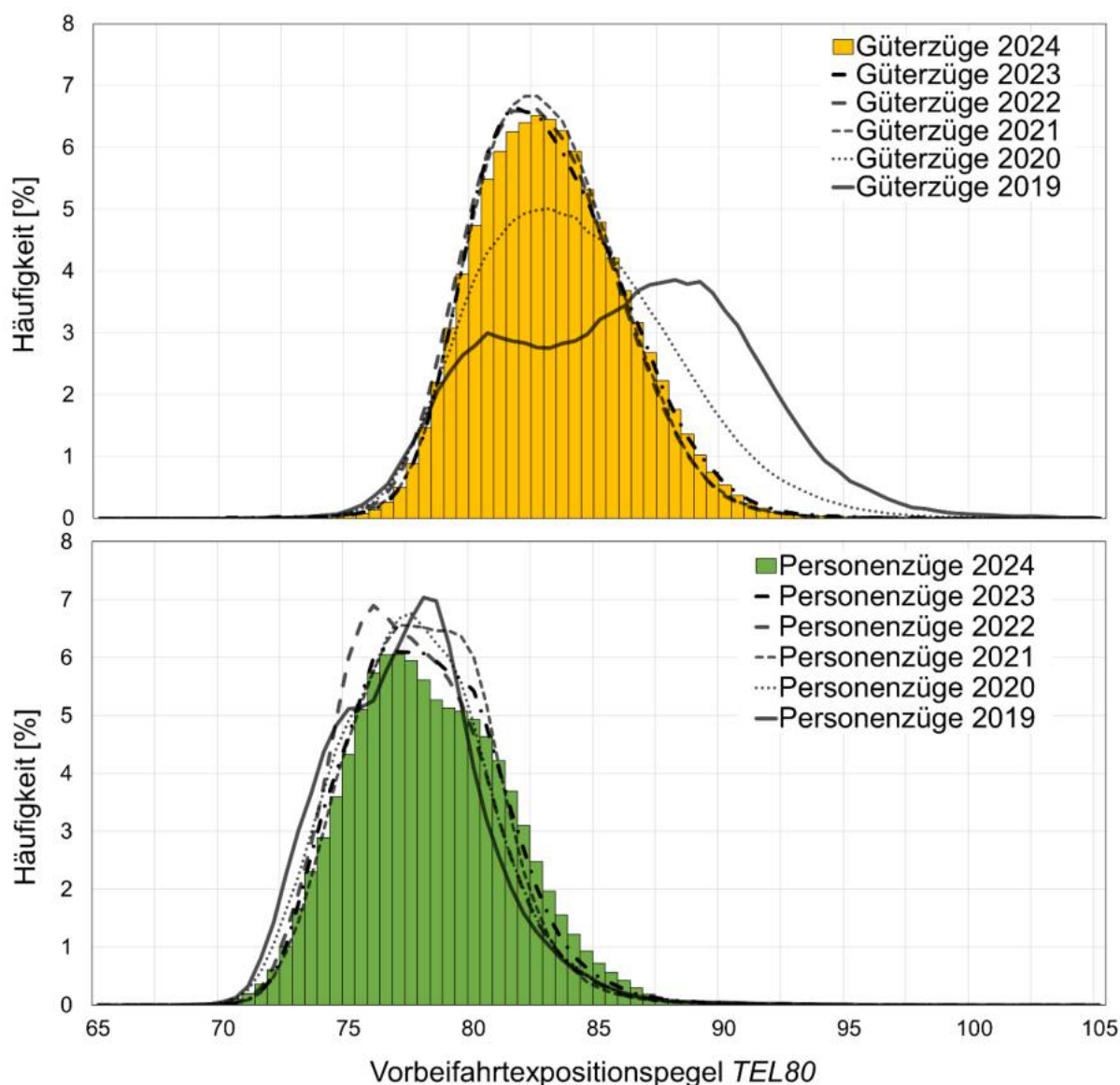


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung des Vorbeifahrtexpositionspegel für 80 km/h (*TEL80*). In der oberen Häufigkeitsverteilung werden die Güterzüge aus dem Jahr 2019 bis 2023 (schwarze Linien) mit dem Jahre 2024 (gelb) verglichen. In der unteren Häufigkeitsverteilung werden die Vorbeifahrtpegel der Personenzüge aus dem Jahr 2019 bis 2023 (schwarze Linien) und 2024 (grün) gegenübergestellt.

Insgesamt lässt sich erkennen, dass das Rollmaterial der Personenzüge i. d. R. akustisch besser ist als das der Güterzüge. Das Maximum der Verteilung der Personenzüge ist etwa 4 bis 6 dB(A) niedriger als das Maximum der Verteilung der Güterzüge.

Der Vergleich der Jahre 2019 bis 2024 zeigt für die Güterzugvorbeifahrten, dass sich das Maximum seit der vollständigen Umrüstung mit dem Fahrplanwechsel für 2021 nicht wesentlich verändert hat. Dies passt zu der Tatsache, dass nach dem Abschluss der Umrüstung der Güterwagen auch keine großen Veränderungen der Verteilung mehr zu erwarten waren. Bei detaillierter Betrachtung fällt auf, dass sich die Verteilungen für Personen- und Güterzüge für das Jahr 2024 leicht zu höheren Pegel hin verschoben hat.

Der Vergleich der Vorbeifahrtexpositionspegel der Personen- und Güterzüge von 2019 bis 2024 lässt erkennen, dass sich die akustischen Eigenschaften in der Fläche im Jahr 2024 leicht verschlechtert haben.

In Abbildung 13 ist der mittlere längengewichtete *TEL80* der Güterzüge für jede Station, getrennt für die Jahre 2019 bis 2024 sowie für jeweils beide Gleise dargestellt.

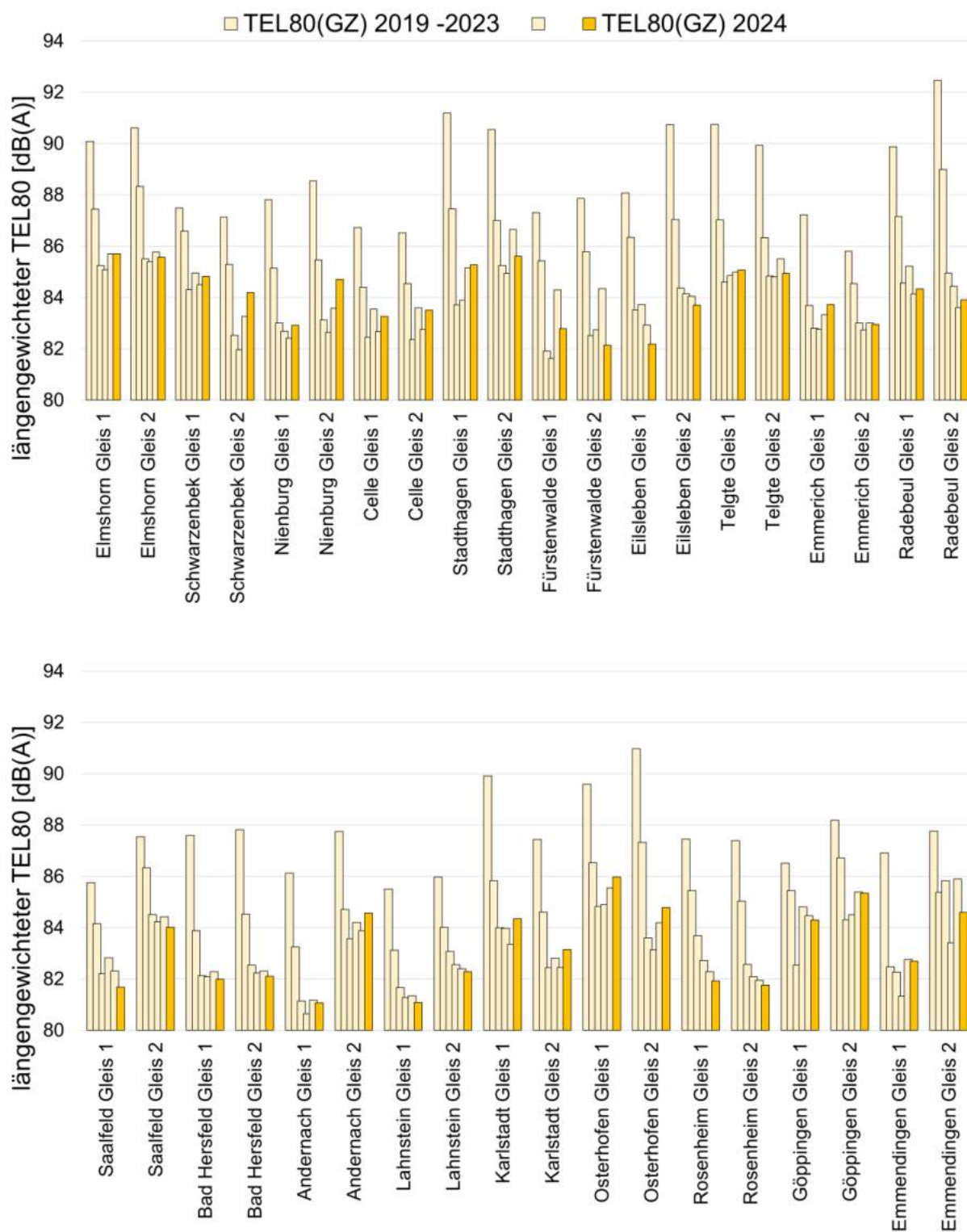


Abbildung 13: mittlerer längengewichteter Vorbeifahrtexpositionspegel TEL_{80} an allen Stationen für Güterzüge in den Jahren 2019 bis 2023 (hellgelb) und 2024 (gelb).

Der längengewichtete TEL_{80} der Güterzüge reicht von 81,1 dB(A) in Lahnstein auf Gleis 1 bis zu 86,0 dB(A) Osterhofen auf Gleis 1. Die Werte haben sich im Mittel zum Vorjahr nicht wesentlich verändert. Die höchste Zunahme des längengewichteten TEL_{80} mit 1,1 dB(A) ist in Nienburg auf Gleis 2 zu verzeichnen. An der Messstation in Fürstenwalde reduzierte sich der längengewichtete TEL_{80} auf beiden Gleisen. Im Vergleich zum Vorjahr nahm der längengewichtete TEL_{80} um 2,2 dB(A) auf

Gleis 2 ab. Auf allen anderen Gleisen änderte sich der längengewichtete *TEL80* zu 2023 nur geringfügig.

In der folgenden Abbildung 14 ist der mittlere längengewichtete *TEL80* der Personenzüge für jede Station, getrennt für die Jahre 2019 bis 2024 und für jeweils beide Gleise dargestellt.

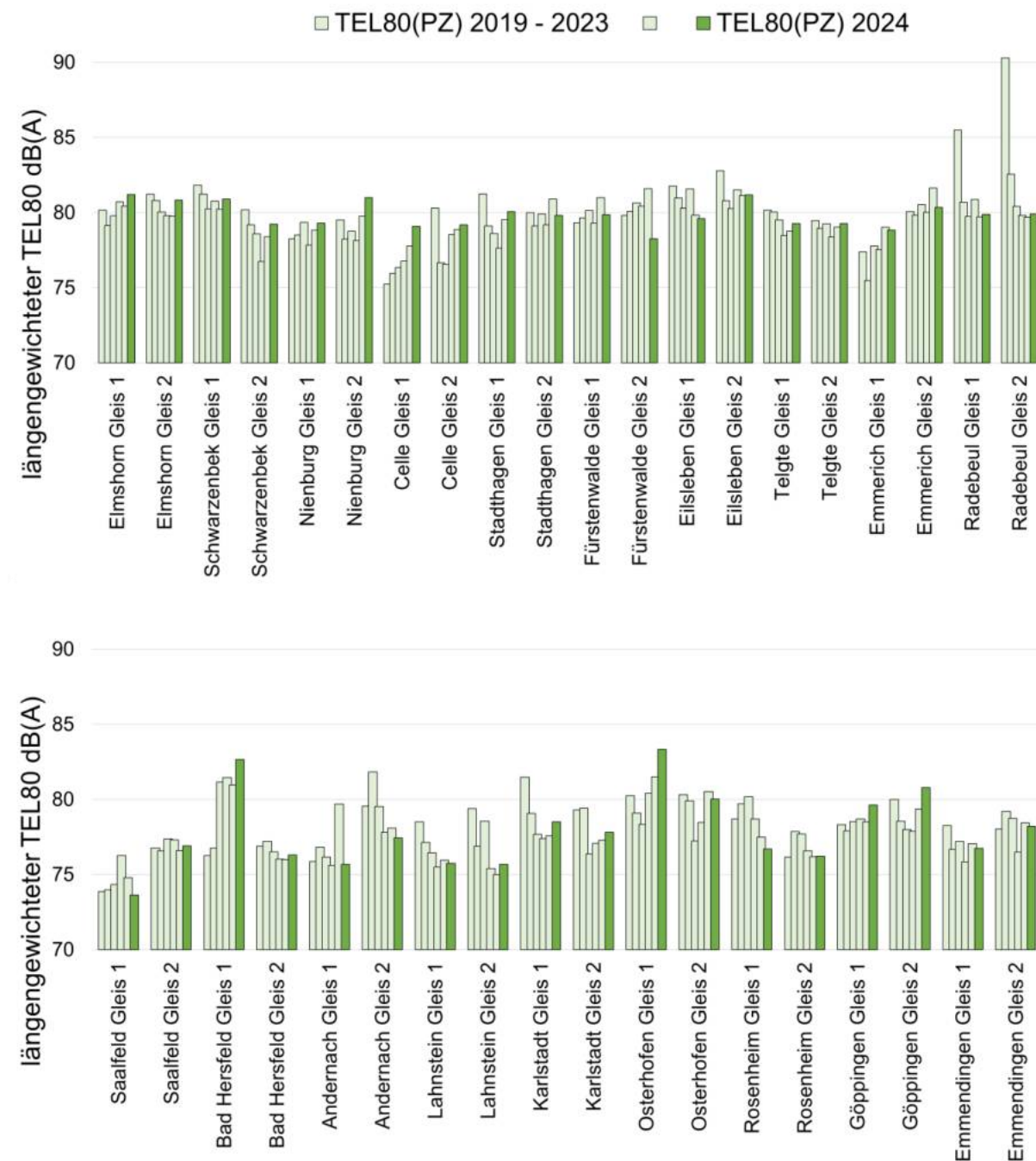


Abbildung 14: mittlerer längengewichteter Vorbeifahrtexpositionspegel *TEL80* an allen Stationen für Personenzüge in den Jahren 2019 bis 2023 (hellgrün) und 2024 (grün).

Die Werte der längengewichteten *TEL80* für Personenzüge reichen zwischen 73,6 dB(A) in Saalfeld auf Gleis 1 bis 83,3 dB(A) in Osterhofen auf Gleis 1. In der Fläche änderte sich der längengewichtete *TEL80* für Personenzüge zum Vorjahr oft nur geringfügig. An den einzelnen Gleisen der Messstationen konnte eine Änderung des längengewichteten *TEL80* zwischen -4,0 dB(A) und 1,8

dB(A) für das Jahr 2024 bestimmt werden. Der höchste Anstieg mit 1,8 dB(A) wurde in Osterhofen auf Gleis 1 festgestellt.

6.4.2 Vergleich zwischen Maximal- und Vorbeifahrtexpositionspegel

Zusätzlich zum Vorbeifahrtexpositionspegel kann auch der Maximalpegel einer Zugvorbeifahrt angegeben werden. Bestimmt wird dieser i. d. R. durch die Achsen mit der akustisch schlechtesten Radqualität. Für Zugvorbeifahrten mit starken Differenzen zwischen Maximal- und Vorbeifahrtexpositionspegel sind oft einzelne Wagen mit akustisch schlechten Rädern für die hohen Maximalpegel verantwortlich.

Um zu dokumentieren, inwieweit sich der bei einer Zugvorbeifahrt auftretende maximale Schalldruckpegel L_{Amax} von dem mittleren Vorbeifahrtexpositionspegel TEL unterscheidet, wurde für alle gültigen, registrierten Zugvorbeifahrten die Differenz aus den beiden Schallpegeln gebildet. Für die Jahre 2019 bis 2024 (Abbildung 15) sind die Differenzen getrennt für Güter- und Personenzüge dargestellt.

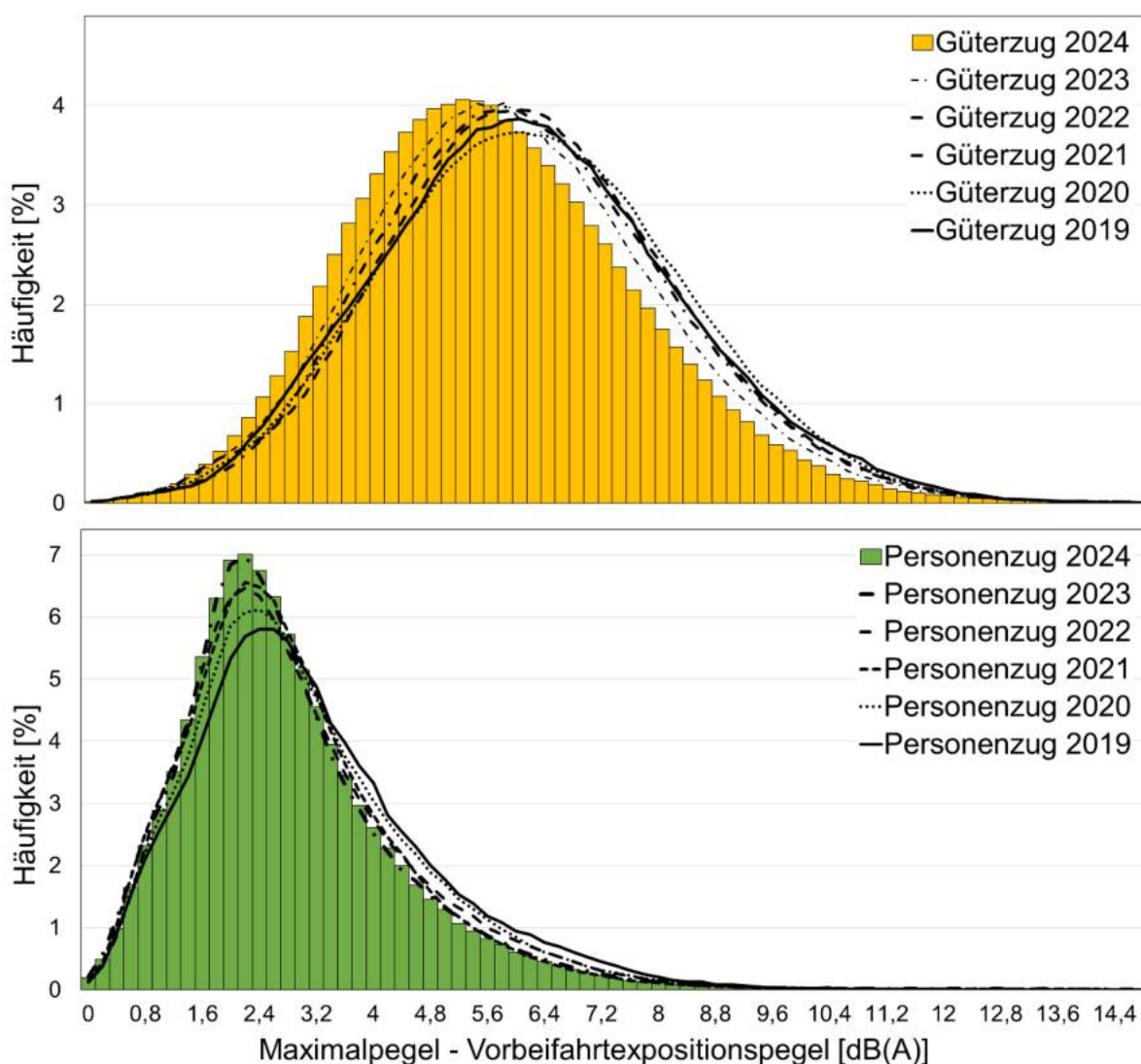


Abbildung 15: Die Häufigkeitsverteilungen stellen die Differenz zwischen Maximal- und Vorbeifahrtexpositionspegel dar. Im oberen Teil der Abbildung sind die Häufigkeitsverteilungen für Güterzüge aus dem Jahr 2019 bis 2023 (schwarze Linien) mit dem Jahre 2024 (gelb) dargestellt. Im unteren Teil sind die

Häufigkeitsverteilungen der Personenzüge aus dem Jahr 2019 bis 2023 (schwarze Linien) mit dem Jahre 2024 (grün) gegenüber gestellt.

Abbildung 15 zeigt, wie häufig es im Jahr 2024 (gelb und grün) vorkam, dass der Maximalpegel den mittleren Vorbeifahrtexpositionspegel um einen bestimmten Schallbetrag in dB(A) überschritten hatte und vergleicht dies mit den Ergebnissen aus dem Vorjahr. Erkennbar liegt der Schwerpunkt der Verteilung für Güterzüge um 2-3 dB(A) höher als der für Personenzüge. Zurückzuführen ist dies zum einen auf die stark unterschiedliche Radlaufflächenqualität in Güterzügen als auch auf die größere Länge (Achszahl), welche eine höhere Varianz erwarten lässt. Insgesamt ist für eine Zugvorbeifahrt eines Personenzuges eine geringere Schallpegelvariation zu erwarten als für Güterzüge.

In den Jahren 2019 bis 2022 hat sich die Kurve für die Güterzüge kaum geändert, obwohl in diesem Zeitraum die Vorbeifahrtpegel der Güterzüge deutlich abgenommen haben. Die Messungen ergeben, dass mit den sinkenden Vorbeifahrtexpositionspegeln auch die Maximalpegel der Züge gesunken sind. Im Vergleich zu den Daten der vergangenen Jahre hat sich für 2024 eine leichte Veränderung in Richtung geringere Differenz zwischen Maximal- und Vorbeifahrtexpositionspegel ergeben. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass insbesondere die leiseren Güterwagen etwas lauter geworden sind, ohne dass die den Maximalpegel bestimmenden lauterer Güterwagen noch größere Werte verursacht hätten (vgl. Abb. 16 + 17).

Bei den Personenzügen kann man eine leichte Abnahme der höheren Werte und eine leichte Zunahme bei der Häufigkeit der kleineren Werte erkennen. Dies deutet auf eine leichte Zunahme von Zügen hin, welche eine homogene Pegelverteilung haben (z. B. Triebzüge) und eine Abnahme von Zügen mit einer inhomogenen Pegelverteilung (z. B. lokbespannte Personenzüge).

6.4.3 Schallemission einzelner Wagen

Abbildung 16 zeigt für Personenwagen die Häufigkeitsverteilung der Vorbeifahrtpegel umgerechnet auf 80 km/h $L_{pAeq,Tp,80}$ und für Güterwagen die Häufigkeitsverteilung der auf ihre Achsen pro Länge bezogenen Schallpegel $L_{pAeq,Tp,APL,80}$ für 80 km/h. Diese Kenngrößen werden auch für die Zulassung von neuen Fahrzeugen in der TSI Lärm verwendet³. In die dargestellten Vorbeifahrtpegel einzelner Fahrzeuge gehen neben der Qualität des Rollmaterials auch die akustischen Gleiseigenschaften ein.

Die Vorbeifahrtpegel für die Personenwagen sind in der Regel niedriger als die der Güterwagen. Dies ist auf das bessere Rollmaterial der Personenwagen zurückzuführen.

³ Weitere Anforderungen an Abnahmemessungen aus der TSI Lärm zur Wagenreihung sowie zum akustischen Gleiszustand können im Rahmen von Messungen im realen Betrieb jedoch i. d. R. nicht eingehalten werden.

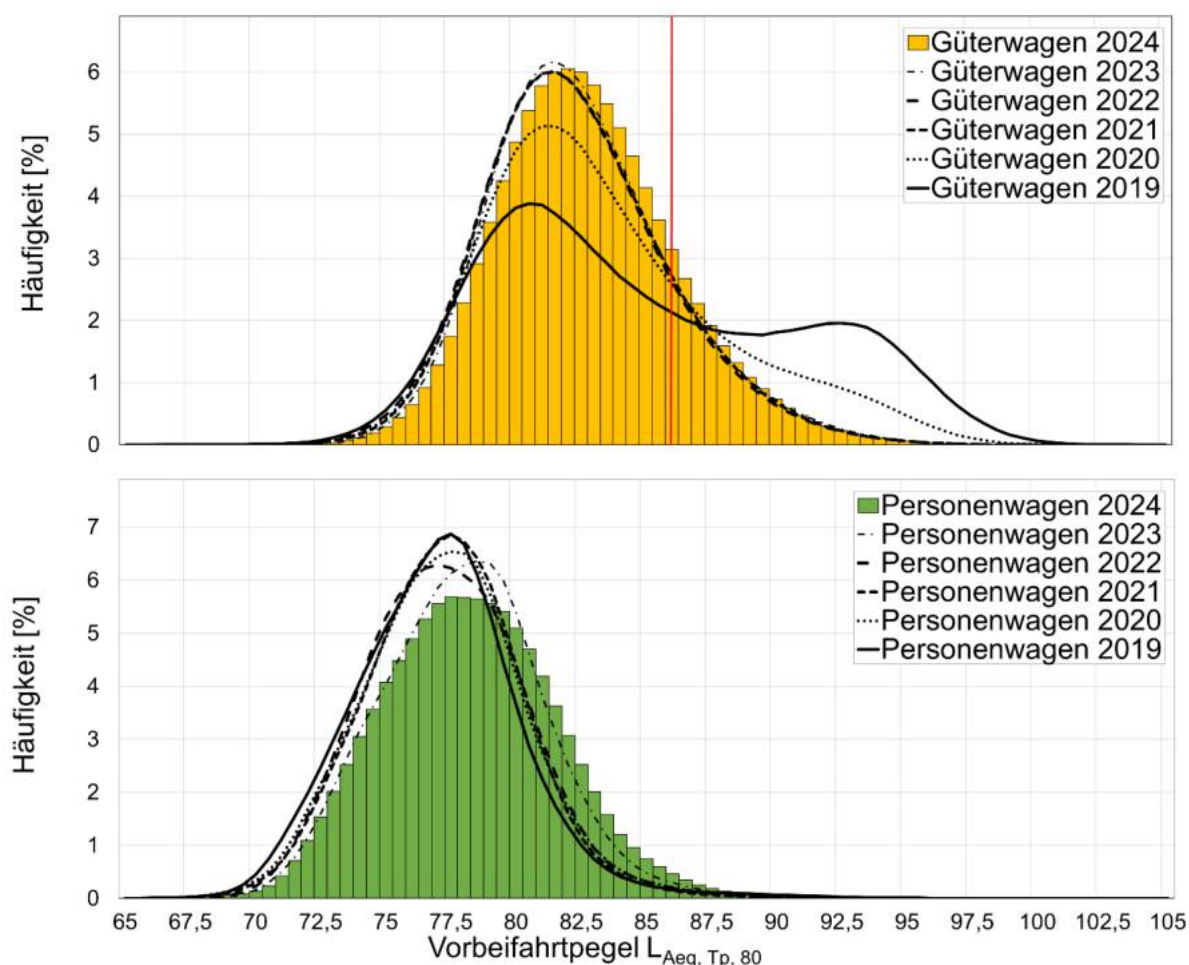


Abbildung 16: Schallpegelverteilung aller Güterwagen korrigiert auf ihren auf Achsen pro Länge bezogenen Schallpegel $L_{pAeq,Tp,APL,80}$ für 80 km/h für die Jahre 2024 (gelb) und 2019 bis 2023 (schwarze Linien) und der aller Personenwagen für den Schallpegel $L_{pAeq,Tp,80}$ umgerechnet auf 80 km/h für die Jahre 2024 (grün) und 2019 bis 2023 (schwarze Linien). Die rote Linie bei 86 dB(A) dient der Trennung lauter von lärmarmen Güterwagen. Im Jahr 2024 wurden rund 85 Prozent aller Güterwagen als lärmarm gemessen.

Im Vergleich der Jahre 2019 bis 2024 lässt sich für die Personenwagen erkennen, dass die Häufigkeitsverteilungen der Personenwagen in 2024 eine Verschiebung um 0,5 dB(A) hin zu lauterem Werten erfahren hat.

Bei den Güterwagen liegt das Maximum der Verteilung für das Jahr 2024 bei 82 dB(A). Auch hier ist eine Verschiebung der Verteilung zu höheren Pegeln hin festzustellen. Im Allgemeinen weist die Verteilung auf eine verminderte Qualität des Rollmaterials von Güterwagen hin, möglicherweise durch einen größeren Anteil an Radformfehler wie z. B. Flachstellen (s. Abbildung 17). Auch schlechtere Gleiseigenschaften könnten eine Erklärung sein.

Für Neuzulassungen von Güterwagen nach TSI Lärm (2014) [1] liegt der bei Abnahmemessungen einzuhaltende Grenzwert bei 83 dB(A) – und wird bei den Abnahmemessungen durch die Verwendung von Verbundstoff-Bremssohlen bzw. Scheibenbremsen eingehalten. Bei Messungen im realen Betrieb können Güterwagen mit Verbundstoffbremssohlen diesen Wert jedoch übersteigen, ohne dabei den Vorgaben der TSI Lärm zu widersprechen, z. B. wenn der akustische Gleiszustand nicht den hohen Vorgaben der Abnahmemessung entspricht. Damit Grauguss-Bremssohlen

ausgestattete Güterwagen grundsätzlich einen Vorbeifahrtpegel von mehr als 86 dB(A) aufweisen, werden Güterwagen mit einem Vorbeifahrtpegel von 86 dB(A) oder kleiner als lärmarm bezeichnet. Die in Abbildung 16 eingezeichnete vertikale Trennlinie bei 86 dB(A) grenzt lärmarme Güterwagen von lauterer Güterwagen ab.

In der Summe können 85 Prozent der im Jahr 2024 gemessenen Güterwagen als lärmarm, d. h. als sicher umgerüstet, klassifiziert werden.

Nicht lärmarme Güterwagen sind jedoch nicht zwingend mit Grauguss-Bremssohlen ausgestattet. Auch umgerüstete Güterwagen, die in einem akustisch ungünstigen Zustand sind, können diesen Wert überschreiten. Besonders ungünstige akustische Gleiseigenschaften an einzelnen Messstationen verstärken den Effekt. Die Ergebnisse der Kontrollen des Eisenbahn-Bundesamts zeigen, dass im Jahr 2024 nur mit 0,02 Prozent der überprüften Güterwagen gegen das Betriebsverbot für laute Güterwagen verstoßen wurde.

Der Einfluss der Bremsausstattung auf die Schallemission der Güterwagen ist in Abbildung 17 dargestellt. Dazu wurden Güterwagen, für welche eine Wagennummer erkannt wurde und die im nationalen Fahrzeugregister Deutschlands gelistet sind, die dort hinterlegte Bremsausstattung zugeordnet und eine Häufigkeitsverteilung der Vorbeifahrtpegel dieser Wagen für jede Bremskategorie erstellt.

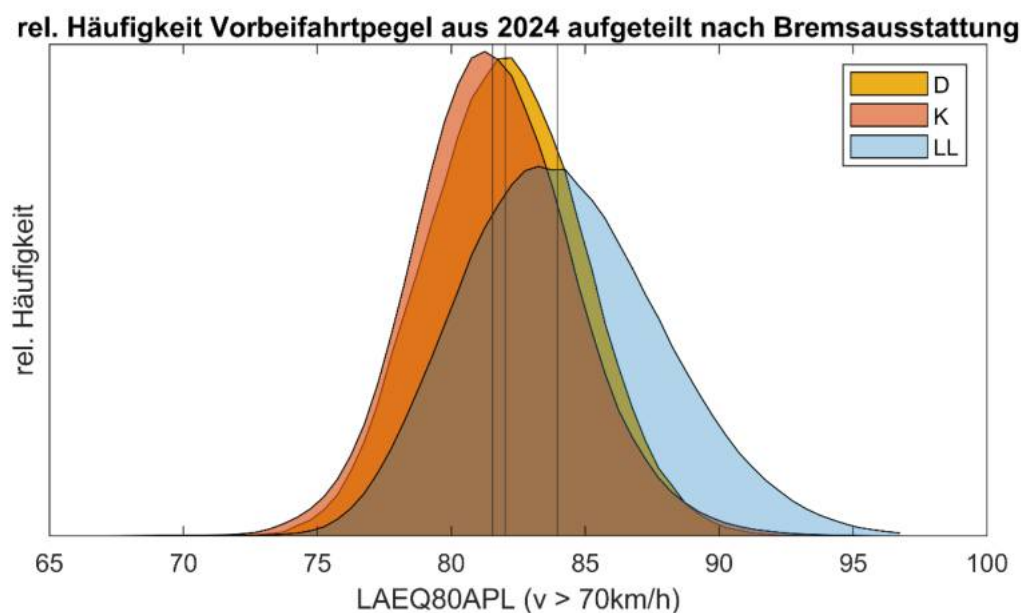


Abbildung 17: Schallpegelverteilung aller Güterwagen mit einer nach der UIC-Nummer und dem NVR zuordenbaren Bremsausstattung der im Jahr 2024 gemessenen Zugvorbeifahrten. Die schwarzen Linien stellen jeweils die Medianwerte dar.

Abbildung 17 zeigt, dass die Häufigkeitsverteilung der mit LL-Sohlen ausgestatteten Güterwagen ihren Median bei einem Vorbeifahrtpegel von 84,0 dB(A) haben und somit einen um 2,5 dB(A) lauterer Medianwert wie Güterwagen mit K-Sohlen aufweisen (81,5 dB(A)). Güterwagen mit Scheibenbremsen weisen mit einem Medianwert von 82,0 dB(A) ebenfalls einen niedrigeren

Vorbeifahrtpegel auf⁴. Die Verteilung zeigt, dass selbst umgerüstete Güterwagen nicht immer als lärmarm klassifiziert werden. Dies lässt auf einen ungünstigen akustischen Zustand der Güterwagen schließen.

Güterwagen, die auf LL-Sohlen umgerüstet wurden, sind in der Regel deutlich älter als Güterwagen mit K-Sohlen, welche oftmals ab Werk mit K-Sohle ausgestattet sind. Werden in Zukunft die Güterwagen mit LL-Sohlen nach und nach mit neuen Güterwagen mit K-Sohlen ersetzt, so sollte dies zu weiteren Pegelminderungen führen.

Für den Vergleich der Schallemissionen der einzelnen Fahrzeuge an den einzelnen Stationen wurden Häufigkeitsverteilungen für beide Gleise errechnet (links) und zusammen mit den energetischen Mittelwerten (rechts) für Güter- bzw. Personenwagen in Abbildung 18 und Abbildung 19 dargestellt. Für Güterwagen wurde der auf Achsen pro Länge korrigierte Schallpegel $L_{pAeq, Tp, APL, 80}$ bei 80 km/h verwendet. Für Güterwagen sind die Verteilungen recht breit und lassen an einigen Orten Doppelverteilungen erkennen. An einigen Messorten liegt das Maximum der Verteilung hin zu geringeren Schalldruckpegeln, was für einen umgerüsteten Zustand der Güterwagen spricht. In der Fläche kann im Vergleich zu 2019 und 2020 ein Rückgang und zu 2021 keine wesentliche Veränderung der Schallemissionen für 2024 verzeichnet werden. Bis auf 5 Gleise liegen die Schallemissionen an allen Gleisen unter 85 dB(A).

⁴ Für die im Jahresbericht 2021 dargestellten Daten wurde die APL-Korrektur mit falschem Vorzeichen berechnet. Während sich dies für die Vorbeifahrtpegel der K- und LL- gebremsten Güterwagen kaum auswirkt, verschiebt dies die Pegel von scheibengebremsen Güterwagen (D) signifikant zu höheren Werten. Dies ist vermutlich auf die insgesamt niedrigen Achsen-pro-Länge Werte der scheibengebremsen Güterwagen zurückzuführen.

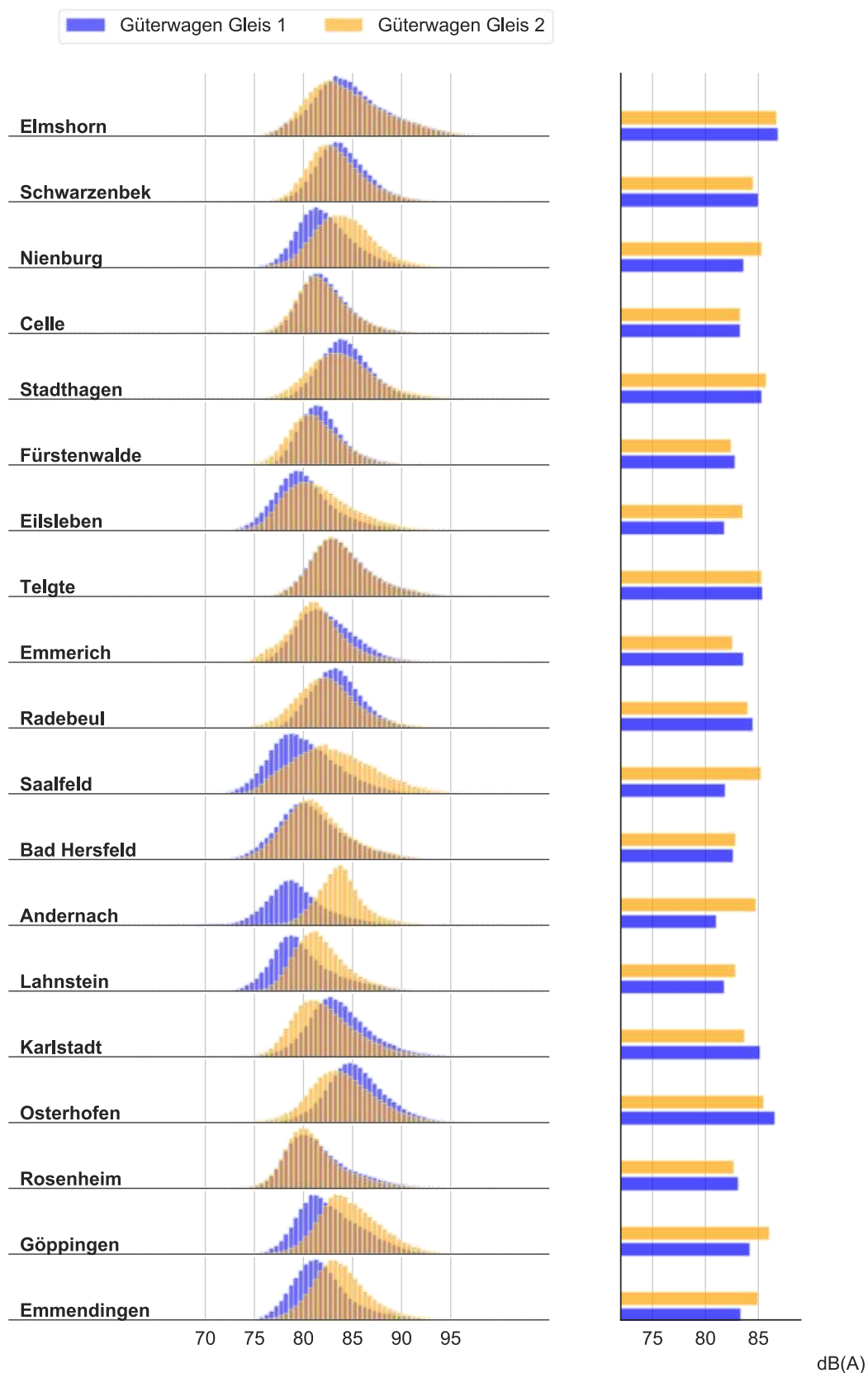


Abbildung 18: Äquivalenter Dauerschalldruckpegel $L_{pAeq,T,APL,80}$ korrigiert auf Achsen pro Länge für Güterwagen mit 80 km/h an allen Stationen und für beide Gleise getrennt dargestellt. Links als Häufigkeitsverteilung und rechts als energetischer Mittelwert.

Für Personenzugwagen (Abbildung 19) kann ein akustisch guter Zustand der Radlaufflächen angenommen werden. Die Unterschiede in den Schallemissionen werden also durch den Zustand der Gleise stark beeinflusst. Die Verteilungen für Schallpegelemissionen von Personenzugwagen sind an der Messstation Emmerich dadurch deutlich zueinander verschoben. Mit der Ausnahme von 9 Gleisen liegt der energetische Mittelwert der Personenzugvorbeifahrtpegel unter 80 dB(A).

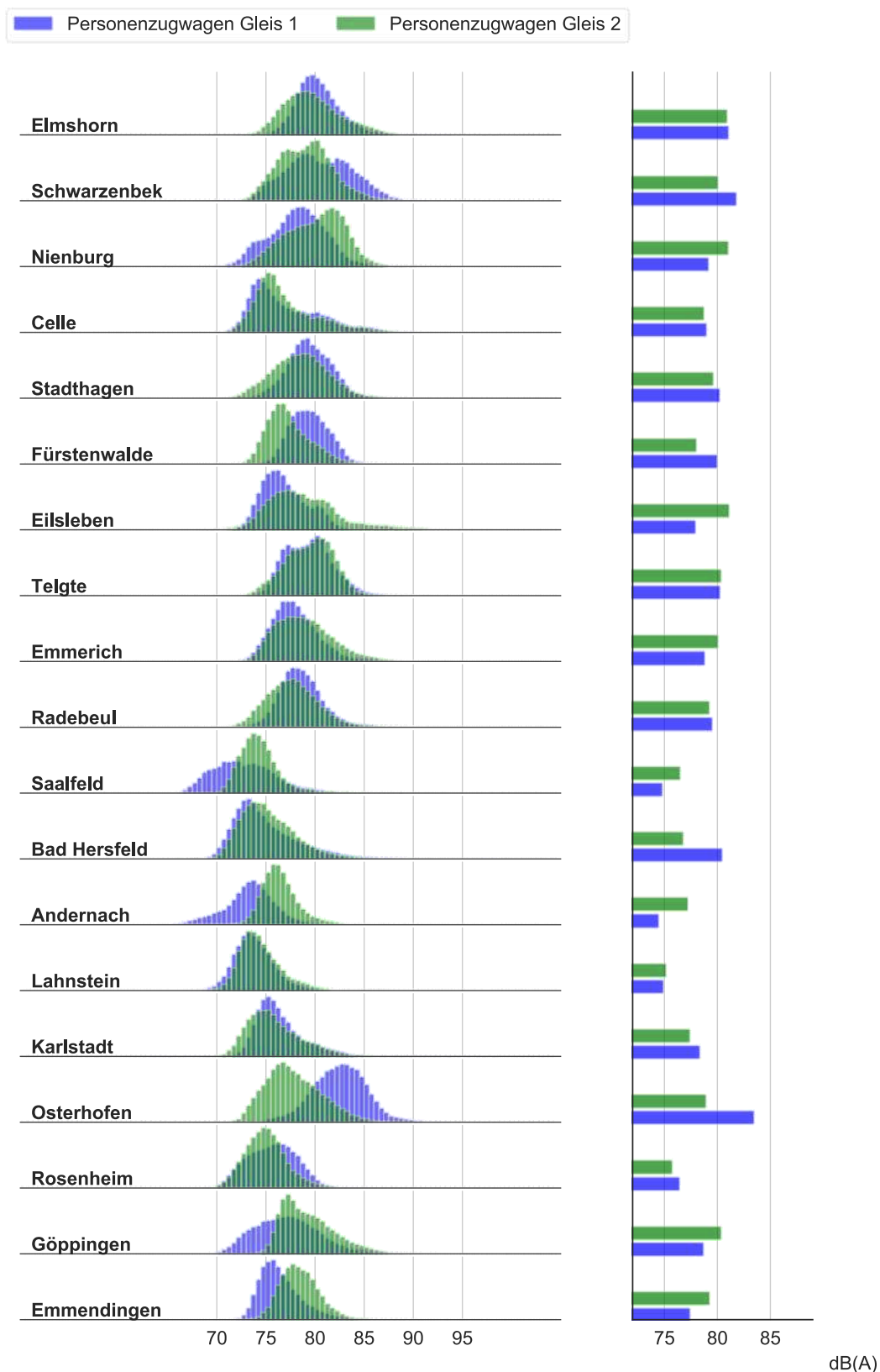


Abbildung 19: Äquivalenter Dauerschalldruckpegel $L_{pAeq,T,80}$ bezogen auf 80 km/h an allen Stationen und für beide Gleise getrennt dargestellt. Links als Häufigkeitsverteilung und rechts als energetischer Mittelwert.

Der Trennwert von 86 dB(A) des auf die Achsen pro Länge bezogenen Schallpegels $L_{pAeq,Tp,APL,80}$ bei 80 km/h wird auch verwendet um an den einzelnen Messstandorten den Anteil lärmarmen Güterwagen zu bestimmen. Das Ergebnis dieser Analyse ist in im Vergleich zu den Jahren 2019 bis

2024 dargestellt. Güterwagen ungültiger Zugfahrten (z. B. wenn es zu Zugbegegnungen kam) flossen nicht mit ein. Auch wurden keine Güterwagen mit einer Geschwindigkeit kleiner 60 km/h berücksichtigt, weil unklar ist welchen Fehler die Umrechnung auf 80 km/h in den Formeln (4) und (5) für langsame Züge mit sich bringt. Die Anzahl der Güterwagen an den verschiedenen Messstationen hängt von dem Verkehrsaufkommen ab. Die Berechnung für lärmarme Güterwagen ergab für das Jahr 2024 ein bundesweites Mittel von 85 Prozent.

Wie Abbildung 20 zu entnehmen, ist der Anteil lärmarmen Güterwagen an 9 der 19 Messstationen im Vergleich zu 2023 gesunken. An den Stationen Schwarzenbek, Nienburg, Celle, Eilsleben, Emmerich, Radebeul, Andernach, Karlstadt und Osterhofen kann eine leichte Minderung verzeichnet werden. In Fürstenwalde hat sich der Anteil lärmarmen Güterwagen um über 9 Prozentpunkt erhöht. Dies kann z. B. durch Gleisbauarbeiten (Schienenschleifen) oder in einem schlechteren Wartungszustand der Güterwagen begründet sein. Die unterschiedlichen akustischen Gleiseigenschaften beeinflussen die Ergebnisse der Stationen.

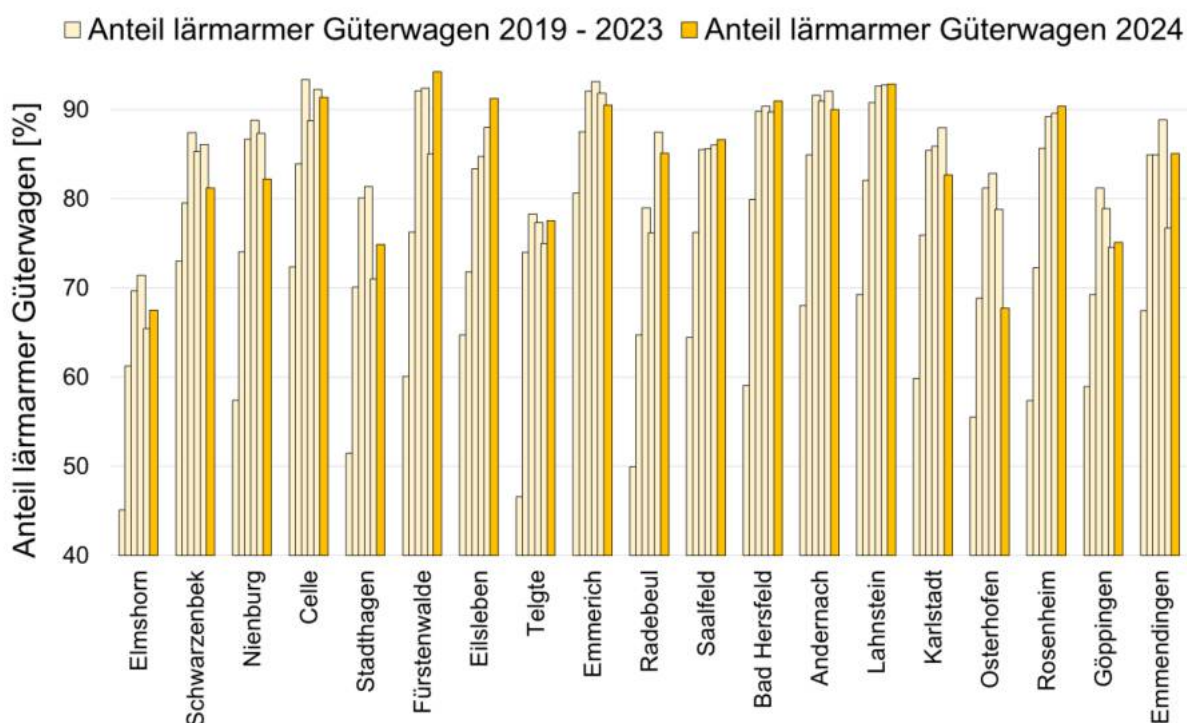


Abbildung 20: Anteil der als lärmarm registrierten Güterwagen an den einzelnen Messstationen im Jahr 2019 bis 2023 (hellgelb) und 2024 (gelb).

6.5 Zeitliche Entwicklung der Schallemissionen von Güterwagen

Das netzweite Lärm-Monitoring soll unter anderem die zeitliche Entwicklung der Schallemissionen von Güterwagen sichtbar machen. In Abbildung 21 ist dafür der auf 80 km/h und auf die Achsen pro Länge bezogene Vorbeifahrtpegel $L_{pAeq,Tp,APL,80}$ für jeweils alle registrierten Güterwagen eines Monats als Häufigkeitsverteilung und energetischer Mittelungspegel dargestellt. Es wurden nur Fahrten mit mehr als 60 km/h ausgewertet.

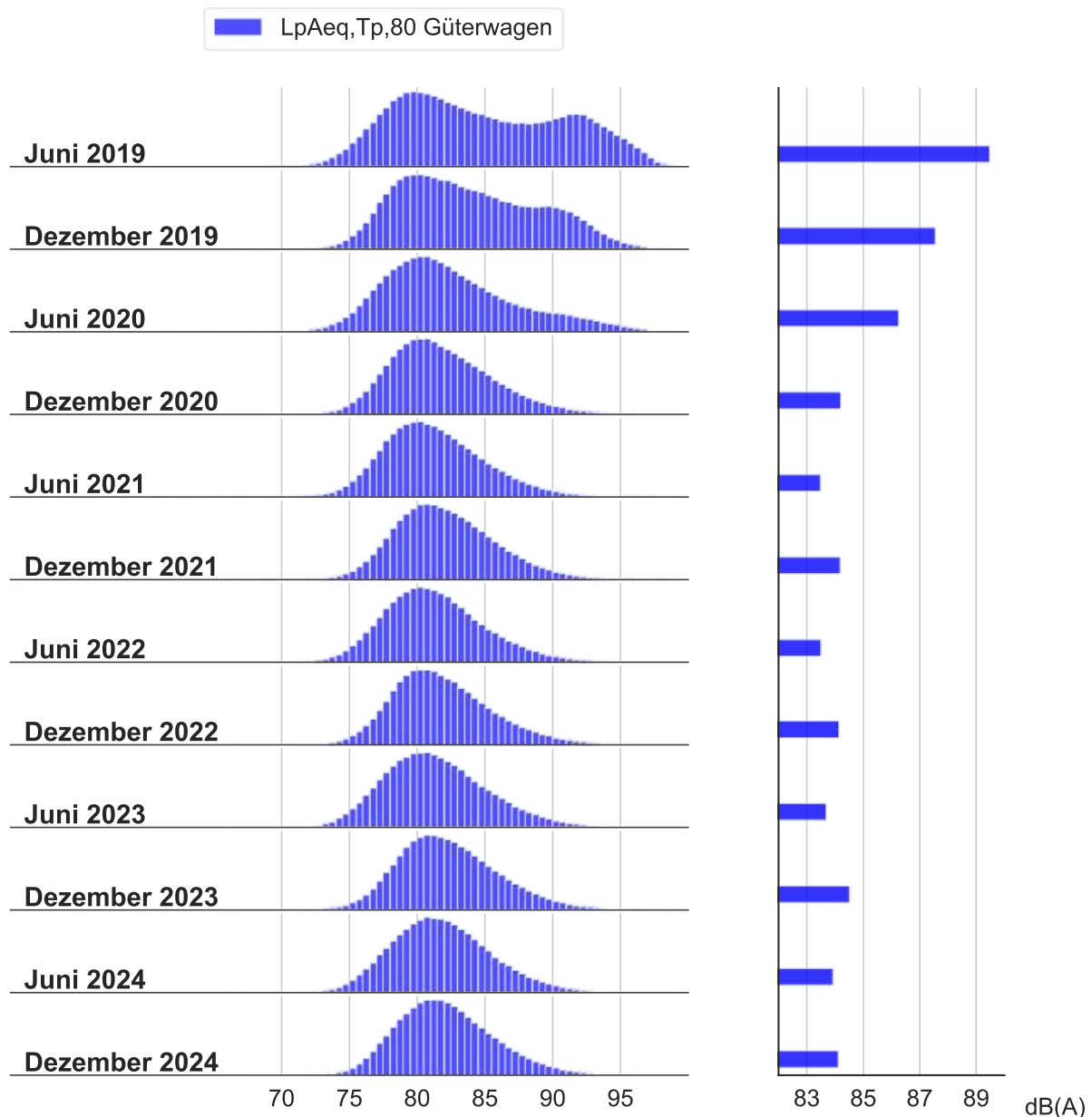


Abbildung 21: Zeitliche Entwicklung des auf 80 km/h bezogenen Vorbeifahrtpegel für Güterwagen, links als Häufigkeitsverteilung und rechts als energetischer Mittelwert.

Sowohl in den Häufigkeitsverteilungen in Abbildung 21 als auch in den zugehörigen energetischen Mittelwerten ist die Schallpegelreduktion für den Vorbeifahrtpegel von Güterwagen seit Beginn der Messungen klar zu erkennen. Dabei ist zu sehen, wie der durch Güterwagen mit schlechten Radlaufflächen verursachte rechte Bereich der Verteilung stetig abnimmt und somit das Gewicht der Verteilung sich zu geringeren Schallpegeln hin verschiebt.

Auch für den Vorbeifahrtpegel ganzer Güterzüge ist dieser Effekt sichtbar (Abbildung 22). Hier wandert der rechte (lautere) Gipfel der Verteilung zu niedrigeren Schallpegeln hin. Dabei findet die Verschiebung hin zu kleineren Pegeln zeitlich verzögert zu der Darstellung der Güterwagen statt. Ursächlich ist, dass einige wenige laute Güterwagen den energetisch gemittelten Vorbeifahrtpegel eines Güterzuges bereits deutlich dominieren. Erst wenn keine lauten Güterwagen im Güterzug sind, sinkt der Vorbeifahrtpegel des Zuges merklich.

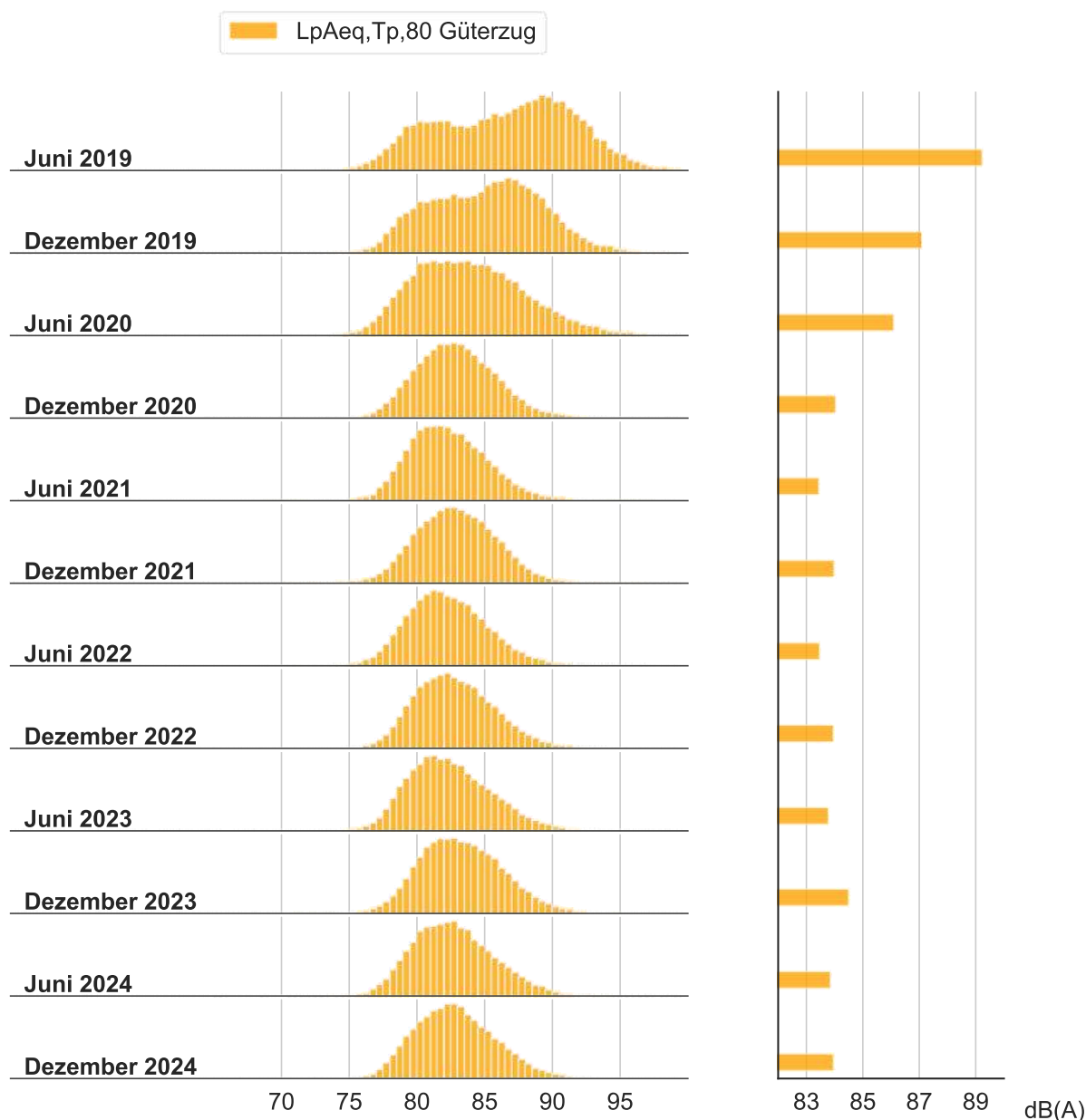


Abbildung 22: Zeitliche Entwicklung des auf 80 km/h bezogenen Vorbeifahrtpegel für Güterzüge, links als Verteilung und rechts als energetischer Mittelwert.

Aus Abbildung 21 wurde der Anteil der lärmarmen Güterwagen mit einem Vorbeifahrtpegel von unter 86 dB(A) extrahiert und in Abbildung 23 dargestellt. Während im Mai 2019 nur 57 Prozent der gemessenen Güterwagen als lärmarm klassifiziert werden konnten, stieg der Anteil fast kontinuierlich bis August 2021 auf über 90 Prozent an. Ab dem Jahr 2021 zeigt sich ein Jahresgang, der in den Wintermonaten nicht- lärmarmen Güterwagen aufweist. Das Jahr 2024 zeigt wie schon das Vorjahr 2023 etwas geringe Anteile lärmarmen Güterwagen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist,

der Zustand der Schienenwege bzw. des Rollmaterial im Vergleich. Auch ein insgesamt etwas schlechterer Wartungszustand der verkehrenden Güterwagen kann eine höhere Schallemission bedingen.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf verwiesen, dass Güterwagen, die als lärmarm klassifiziert wurden, sicher auf Verbundstoffbremssohlen umgerüstet wurden. Nicht lärmarme Güterwagen sind jedoch in der Regel auch nicht mit Grauguss-Bremssohlen ausgestattet. Auch umgerüstete Güterwagen, die in einem akustisch ungünstigen Zustand sind, können diesen Wert überschreiten. Ungünstige akustische Gleiseigenschaften an einzelnen Messstationen verstärken den Effekt. Die Ergebnisse der Kontrollen des Eisenbahn-Bundesamts zeigen, dass im Jahr 2024 nur mit 0,02 Prozent der überprüften Güterwagen gegen das Betriebsverbot für laute Güterwagen verstoßen wurde.

Der in Abbildung 23 monatliche prozentuale Anteil der als lärmarm klassifizierte Güterwagen unterliegt jahrzeitliche Schwankungen, die u. a. durch den niedrige Kraftschlusswerte sowie den dadurch bedingten Einsatz der Sandungsanlage begründet werden kann. Insbesondere führen Laubrückstände im Herbst (vgl. die Monate Oktober und November) zu extrem niedrigen Kraftschlusswerten. Weiterhin bilden Feuchtigkeit, Staub und Rost eine kraftschlussmindernde Mikroschicht. Diese bleibt trotz hoher täglicher Zugvorbeifahrten eine längere Zeit bestehen.

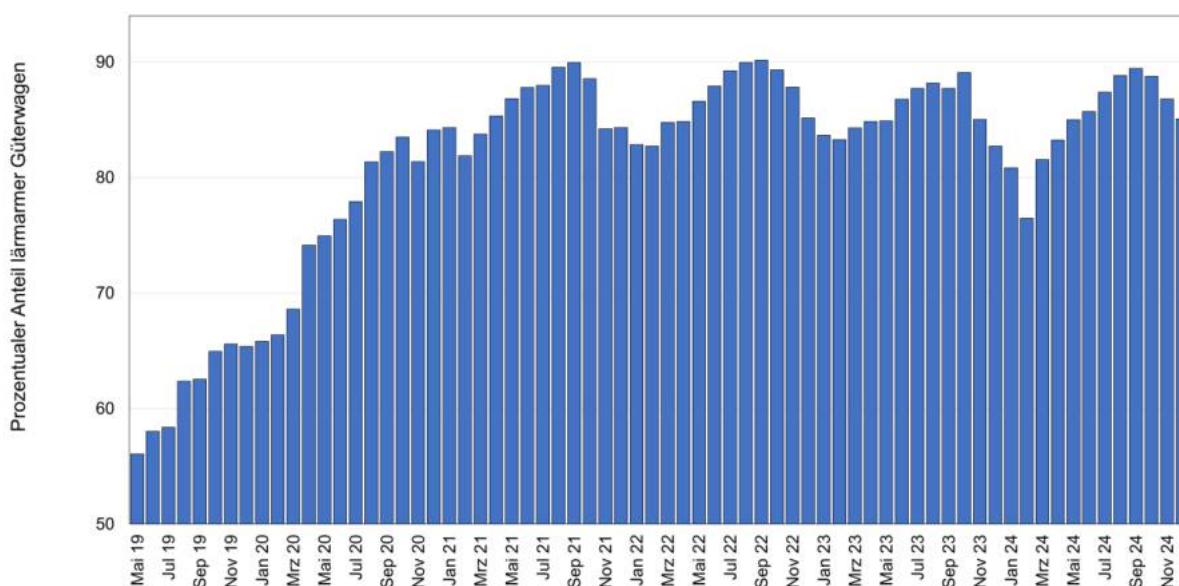


Abbildung 23: Prozentualer Anteil als lärmarm klassifizierter Güterwagen mit einem Vorbeifahrtpegel von unter 86 dB(A) dargestellt über die Monate seit Inbetriebnahme der Stationen im Mai 2019 bis Dezember 2024.

1 Anhang: Messkonzept

Das Lärm-Monitoring erfolgt an zweigleisigen Strecken gemäß der E DIN 38452-1:2020-03; Langzeitmessung von Schienenverkehrsgeräuschen –Teil 1: Emissionen; Entwurf März 2020 [2] mit der Qualitätsstufe 3.

Die Messungen erfolgen mit automatischen Messstationen des „Train Monitoring Systems“ von Müller-BBM Rail Technologies. Das „Train Monitoring System“ ist eine robuste und zuverlässige Dauermessstation, ausgelegt für ganzjährige Messungen an Bahnstrecken

Die verwendeten Messgeräte wurden laufend während der Messungen auf einwandfreie Funktion überprüft. Im Rahmen des hauseigenen Qualitätssicherungssystems wurden die Geräte zusätzlich vor dem Einbau kalibriert.

Technischer Aufbau der Messstationen und Durchführung der Messungen

Damit das Lärm-Monitoring dauerhaft valide und möglichst vergleichbare Messergebnisse liefert, müssen alle Messstationen identisch aufgebaut sein: Sie weisen die gleiche Technik und Auswerteroutine auf. Sie erfassen die Schallereignisse in vergleichbarer Umgebung und dem gleichen Abstand zum Gleis.

Je Station wurden zwei Messquerschnitte je Gleis mit je zwei Mikrofonen eingerichtet. Die Messung ist so konzipiert, dass die 7,5 Meter Mikrofonabstände in Bezug auf die Gleismitte, jeweils über ein Gleis hinweg, gemessen werden.

Die wichtigsten Komponenten sind Mikrofone der Klasse 1, Achszähler und eine Steuerungseinheit mit Mobilfunkverbindung.

Der Achszähler erfasst jede Achsüberfahrt des Zuges. Aus seinen Signalen wird die Zugvorbeifahrt mit Zeitpunkt, Vorbeifahrtdauer sowie Geschwindigkeit und Länge des Zuges erfasst.

Schalldruck und Signale der Achszähler werden an die Steuerungseinheit gesendet. Diese berechnet hieraus die Kenngrößen (z. B. Maximal-, Vorbeifahrt- und Mittelungspegel und Zuglänge, -geschwindigkeit und -kategorie) und übermittelt sie an einen zentralen Server. Dort werden die Daten aller Messstationen gespeichert.

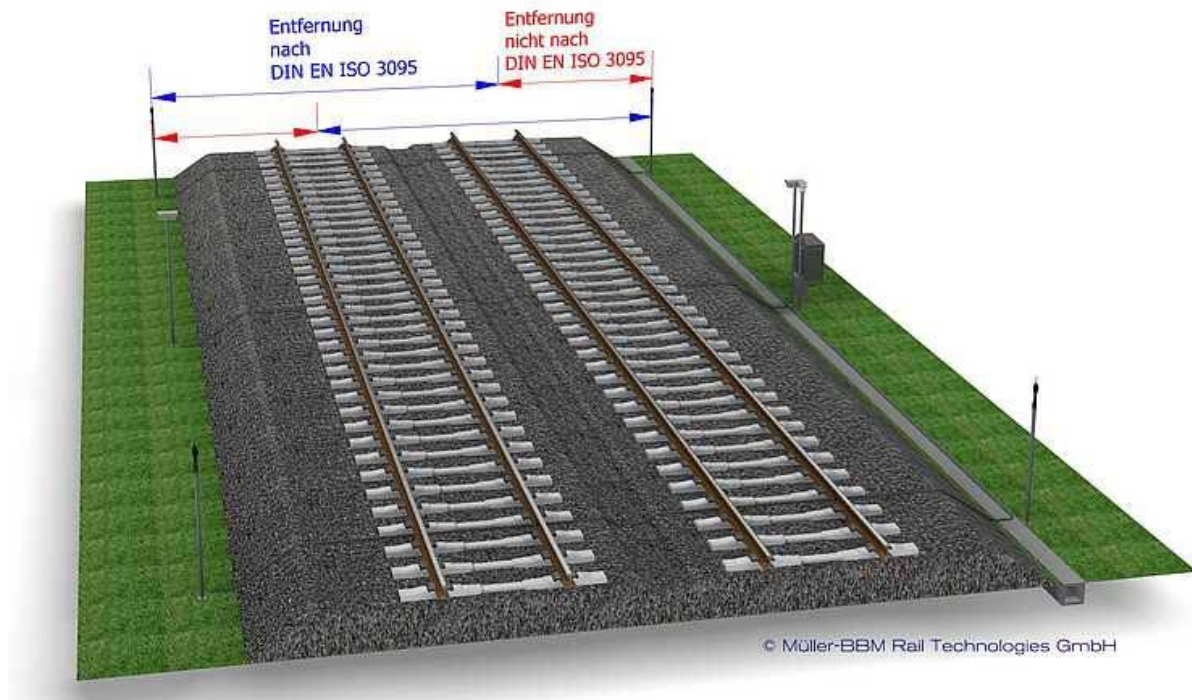


Abbildung 24: Messaufbau (schematisch).

Ungültige Messungen: Für eine korrekte Messung muss die Zugvorbeifahrt in 7,5 Meter Entfernung zum Mikrofon stattfinden. Genauso dürfen keine Fremdgeräusche die Messung beeinflussen. Ist eine der beiden Bedingungen nicht eingehalten, sind die Messungen ungültig.

- Begegnen sich zwei Züge am Standort der Messstation, ist eine normgerechte Messung nicht möglich.
- Störende Witterungsverhältnisse (z. B. Starkregen) sowie zu hohe Hintergrundgeräusche führen zu ungültigen Daten.

Ebenfalls führen Arbeiten am Gleis zu Daten, die nicht verwertbar sind. Auch ein Ausfall der Technik ist nicht zu 100 Prozent auszuschließen.

Daten, die nicht nach Norm gemessen wurden, werden verworfen und durch möglichst ähnliche, gültige Daten gemäß E DIN 38452-1:2020-03 [2] ersetzt. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit und Aussagekraft der Daten für die Langfrist-Auswertungen.

Beispiel: Die Daten eines vorbeifahrenden, langen Güterzugs sind wegen Starkregens ungültig. Werden diese Daten nun in der weiteren Bearbeitung, z. B. für die Berechnung des Mittelungspegels, ignoriert, wird dieser nur auf Basis der normgerechten Daten berechnet. Das kann zu Verzerrungen des Mittelungspegels führen – insbesondere, wenn auf der Strecke ansonsten eher leisere Züge verkehren. Werden nicht nach Norm gemessene Daten des Güterzugs aber mit ähnlichen, normgerechten Daten ersetzt, können sie in der Berechnung des Mittelungspegels berücksichtigt werden. Er bildet damit besser die realen Bedingungen ab.

2 Anhang: Messgrößen

2.1 Vorbeifahrtexpositionspegel TEL

A-bewerteter Schallpegel einer Zugvorbeifahrt als energetischer Mittelwert über die Schallereignisdauer T normiert auf die Vorbeifahrtzeit T_p . Der TEL ist damit ein Maß, um die gesamte akustische Energie einer Zugvorbeifahrt zu erfassen.

$$TEL = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

mit

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ (Bezugsschalldruck)

$T_p = T_2 - T_1$ = geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges

T = Schallereignisdauer/Messdauer (enthält alle Werte Schallwerte vor und nach der Zugvorbeifahrt bis die Pegel auf mehr als 10 dB(A) unter den Wert während der Vorbeifahrt abgesunken ist)

2.2 A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel $L_{Aeq,Tp}$

Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel $L_{Aeq,Tp}$ entspricht dem, über die Messdauer T_p energetisch gemittelten A-bewerteten Schalldruckpegel nachfolgender Gleichung:

$$L_{Aeq,Tp} = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (2)$$

mit

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ (Bezugsschalldruck)

$T_p = T_2 - T_1$ = geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges

2.3 AF-bewerteter maximaler Schalldruckpegel L_{AFmax}

Maximalwert des A-bewerteten Schalldruckpegels, der während der Messdauer T bei Anwendung der Zeitbewertung F (fast) bestimmt wird.

2.4 Schallexpositionspegel SEL

Der Schallexpositionspegel SEL bezieht die akustische Schallenergie auf eine Sekunde. Er wird für die Berechnung des Mittelungspegel L_m verwendet und hat die nachstehende Beziehung mit dem Vorbeifahrtexpositionspegel TEL :

$$SEL = TEL - 10 \log (T_0 / T_p) \quad (3)$$

mit

$T_0 = 1$ Sekunde

$T_p = T_2 - T_1 =$ geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges

2.5 Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h TEL_{80}

Der mit der Vorbeifahrtgeschwindigkeit v wie folgt auf die Geschwindigkeit 80 km/h umgerechnete Vorbeifahrtexpositionspegel TEL wird i. d. R. für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Messstellen ermittelt und errechnet sich aus:

$$TEL_{80} = TEL - 30 \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad (4)$$

mit

$v_0 = 80$ km/h (Bezugsgeschwindigkeit)

2.6 Dauerschalldruckpegel der Vorbeifahrt bezogen auf 80 km/h $L_{Aeq,Tp,80}$

Der mit der Vorbeifahrtgeschwindigkeit v wie folgt auf die Geschwindigkeit 80 km/h umgerechnete A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel $L_{Aeq,Tp,80}$ wird i. d. R. für die Auswertung einzelner Wagen und Loks errechnet:

$$L_{Aeq,Tp,80} = L_{Aeq,Tp} - 30 \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad (5)$$

mit

$v_0 = 80$ km/h (Bezugsgeschwindigkeit)

2.7 Dauerschalldruckpegel korrigiert auf Achsen pro Länge $L_{Aeq,Tp,APL,80}$

Für die Auswertung einzelner Güterwagen wird in Anlehnung an TSI Lärm (2014) [1] der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel bezogen auf 80 km/h zusätzlich auf die Anzahl Achsen pro Länge wie folgt normiert:

$$L_{Aeq,Tp,APL,80} = L_{Aeq,Tp,80} - 10 \cdot \log\left(\frac{APL}{0,225}\right) \quad (6)$$

mit

$APL =$ Anzahl Achsen geteilt durch Länge des Wagens in Meter.

2.8 Mittelungspegel L_m

A-bewerteter mittlerer Schalldruckpegel bezogen auf 7,5 Meter Abstand von der Gleisachse für den Zeitraum Tag, Nacht oder 24 Stunden.

Berechnung aus Summe aller Zugfahrten in einer Periode pro Gleis, pro Zugkategorie, pro Messstelle nach:

$$L_m = 10 \cdot \log \left(\sum 10^{\frac{SEL}{10}} \right) - A1 \quad (7)$$

mit

$A1 = 10 \cdot \log(16 \cdot 3600)$ für die Tagperiode: $06:00:00 \leq \text{Einfahrtszeit } T < 22:00:00$

$A1 = 10 \cdot \log(8 \cdot 3600)$ für die Nachtperiode: $T < 6:00:00 \mid \mid T \geq 22:00:00$

$A1 = 10 \cdot \log(24 \cdot 3600)$ für 24 Stundenperiode

SEL = Schallexpositionspiegel einer Zugfahrt

Die Monats- und Jahresmittelwerte berechnen sich aus den energetischen Mittelwerten der entsprechenden Tageswerte:

$$L_{m, \text{Monat/Jahr}} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum 10^{\frac{L_m}{10}} \right) \quad (8)$$

mit

n = Anzahl der Tage im Monat / Jahr

2.9 Mittlerer gewichteter Vorbeifahrtexpositionspegel für 80 km/h $mTEL80$

Berechnung pro Gleis, pro Periode, pro Zugkategorie, pro Tag bzw. pro Monat, pro Messstelle:

$$mTEL80 = 10 \cdot \log \left(\sum L_i \cdot 10^{\frac{TEL80_i}{10}} \right) + 10 \cdot \log \left(\frac{1}{\sum L} \right) \quad (9)$$

mit

L = Zuglänge

$TEL80$ = Dauerschallldruckpegel der Vorbeifahrt bezogen auf 80 km/h

3 Anhang: Fehlerbetrachtung, Genauigkeitsbetrachtung, Messunsicherheiten

Die Messungen des Bahnlärm-Monitorings ermitteln Emissionskenngrößen einer Zugvorbeifahrt (TEL , $L_{pAeq,TP}$) sowie Mittelungspegel L_m . Diese charakterisieren damit die Schallemission an einem Streckenabschnitt mit dessen Gleisparametern (Schienenrauheit und Abklingrate) für ein Fahrzeug/alle Fahrzeuge eines Zeitraums.

In diesem Anhang werden die Unsicherheiten der Kenngrößen als erweiterte Messunsicherheit U angegeben. Das verwendete Verfahren basiert auf E DIN 38452-1:2020-03 und ist ISO/IEC Guide 98-3:2008 zu entnehmen.

Die folgenden Begriffe werden verwendet:

- Standardunsicherheit u : Unsicherheit eines Messergebnisses, ausgedrückt als Standardabweichung;
- kombinierte Standardunsicherheit u_c : Standardunsicherheit des Messergebnisses, wenn dieses Ergebnis aus Werten verschiedener anderer Größen gewonnen wird; die kombinierte Standardunsicherheit entspricht der positiven Wurzel der Summe der Ausdrücke, die die Varianzen oder Kovarianzen dieser anderen Größen darstellen, danach bewertet, wie das Messergebnis mit der Änderung dieser Größen variiert;
- Erweiterungsfaktor k : Zahlenwert, verwendet als Multiplikator für die kombinierte Standardunsicherheit, um die erweiterte Unsicherheit zu berechnen. Es wird ein Erweiterungsfaktor $k=2$ verwendet.
- erweiterte Unsicherheit U : Größe, die ein Intervall um das Messergebnis festlegt, von dem erwartet werden kann, dass es einen großen Teil der Verteilung der Werte umfasst, die sinnvoll der Messgröße zugeordnet werden können.

3.1 Messunsicherheit für den Expositionspegel TEL/ Vorbeifahrtpegel $L_{pAeq,TP}$

Die angesetzten Eingangsgrößen und ihrer Unsicherheit sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Die Festlegungen zu den Messgeräten ergeben sich aus IEC 61672 und IEC 60942:2003. Die erwähnten Bereiche und Standardunsicherheiten sind für die verwendeten Geräte der Klasse 1 gültig.

Tabelle 5: Bestimmung der Unsicherheiten auf den $TEL/L_{pAeq,TP}$.

Eingabegröße X_i	Beschreibung	Standardunsicherheit $u(x_i)$
L_p	Ablesewert	0 dB(A)
Messgerät, Kalibrator	Einflüsse auf die Genauigkeit des Messgerätes und des Kalibrators (Klasse 1)	0,78 dB(A)
Mess- und aufstellbedingungen	Einflüsse aus Ungenauigkeiten der Mess- und Aufstellbedingungen wie Ungenauigkeiten in der Erfassung der Vorbeifahrtzeit, Abweichungen im Messabstand, Änderung des Bodenniveaus, Wellenreflexion am Stativ und Dämpfung des Windschirms, Fremdgeräusch, Varianz der Gleisbedingungen	0,52 dB(A)
Auswertung	Einflüsse aus Fehlern/Ungenauigkeiten in der Auswertung wie z.B. falsch erkannte Zugkategorie, Ersetzen von Zügen	0,5 dB(A)
	kombinierte Standardunsicherheit u_c	1,1 dB(A)
	erweiterte Unsicherheit U ($k=2$)	2,1 dB(A)

Die Messwerte für den Expositionspegel $TEL/$ Vorbeifahrtpegel $L_{pAeq,TP}$ liegen damit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent in einem Intervall von $\pm 2,1$ dB(A) um den gemessenen Wert.

Bei der Bestimmung des Vorbeifahrtpegels für einzelne Fahrzeuge wird jedem Wagen der Schalldruckpegel, der während der Vorbeifahrt von Puffer zu Puffer gemessen wird, zugeordnet. Der Pegel eines leiseren Fahrzeugs kann dabei zu groß ermittelt werden, wenn das benachbarte Fahrzeug deutlich lauter ist.

In vorherigen Jahresberichten wurde teilweise die APL-Korrektur mit falschem Vorzeichen berechnet (vgl. Anhang 2.7). Dies wurde für den vorliegenden Bericht korrigiert.

3.2 Messunsicherheit für Monatsmittlungspegel $L_{m, \text{Monat}}$

Die angesetzten Eingangsgrößen und ihrer Unsicherheit sind in der folgenden Tabelle angegeben. Die Unsicherheiten reduzieren sich im Vergleich zu den Kenngrößen der Zugvorbeifahrt infolge der statischen Mittelungseffekten vieler Zugvorbeifahrten über einen Monatszeitraum.

Die Festlegungen zu den Messgeräten ergeben sich aus IEC 61672 und IEC 60942:2003. Die erwähnten Bereiche und Standardunsicherheiten sind für die verwendeten Geräte der Klasse 1 gültig.

Tabelle 6: Bestimmung der Unsicherheiten auf den Monatsmittlungspegel L_m .

Eingabegröße X_i	Beschreibung	Standardunsicherheit $u(x_i)$
L_p	Ablesewert	0 dB(A)
Messgerät, Kalibrator	Einflüsse auf die Genauigkeit des Messgerätes und des Kalibrators (Klasse 1)	0,41 dB(A)
Mess- und aufstellbedingungen	Einflüsse aus Ungenauigkeiten der Mess- und Aufstellbedingungen wie Ungenauigkeiten in der Erfassung der Vorbeifahrtzeit, Abweichungen im Messabstand, Änderung des Bodenniveaus, Wellenreflexion am Stativ und Dämpfung des Windschirms, Fremdgeräusch, Varianz der Gleisbedingungen	0,52 dB(A)
Auswertung	Einflüsse aus Fehlern/Ungenauigkeiten in der Auswertung wie z.B. Ersetzen von Zügen	0 dB(A)
	kombinierte Standardunsicherheit u_c	0,7 dB(A)
	erweiterte Unsicherheit U ($k=2$)	1,3 dB(A)

Die Messwerte für den Monatsmittlungspegel L_m liegen damit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent in einem Intervall von $\pm 1,3$ dB(A) um den gemessenen Wert.

3.3 Messunsicherheit für Jahresmittlungspegel $L_{m, \text{Jahr}}$

Die Einflussgrößen auf die Messunsicherheit des Jahresmittlungspegels sind vergleichbar derjenigen des Monatsmittlungspegels. Der größere Zeitraum der Mittelung hat keine wesentlichen Auswirkungen auf die Messunsicherheit.

Die Messunsicherheit für den Jahresmittlungspegel kann analog zur Messunsicherheit für den Monatsmittlungspegel angenommen werden. Damit kann, bei einem Erweiterungsfaktor von $k=2$, von einer erweiterten Unsicherheit U von 1,3 dB(A) ausgegangen werden.

4 Anhang: Kennzahlen 2024

Nachfolgend sind eine Reihe der graphisch dargestellten Kennzahlen tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 7: Mittelungspegel und mittlere Zugkennzahlen für den Zeitraum von 24h.

Standort	Zeitraum	Mittelungspegel	Mittlere Anzahl Züge	Anzahl Güterzüge	Mittlere Achsanzahl	Mittlere Zuglänge	Mittlere Geschwindigkeit
Elmshorn	24h	70,5	271	33	33	202	130
Schwarzenbek	24h	68,6	118	33	57	318	130
Celle	24h	69,2	174	96	77	350	105
Nienburg	24h	72,2	216	131	78	414	115
Stadthagen	24h	72,4	277	98	58	298	125
Eilsleben	24h	69,2	208	129	78	377	89
Emmerich	24h	66,7	106	54	76	338	101
Andernach	24h	68,5	203	87	64	316	99
Lahnstein	24h	65,7	123	76	71	369	86
Bad Hersfeld	24h	70,8	294	147	64	345	109
Saalfeld	24h	63,4	105	35	34	191	109
Radebeul	24h	67,7	127	52	60	317	101
Karlstadt	24h	72,0	266	174	72	384	94
Göppingen	24h	66,5	180	34	33	198	101
Osterhofen	24h	71,9	166	95	71	365	111
Emmendingen	24h	70,1	235	103	60	332	117
Rosenheim	24h	67,9	237	85	49	286	114
Fürstenwalde	24h	67,1	154	45	50	263	120
Telgte	24h	70,6	181	56	56	309	138

Tabelle 8: Mittelungspegel und mittlere Zugkennzahlen für den Zeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr).

Standort	Zeitraum	Mittelungspegel	Mittlere Anzahl Züge	Anzahl Güterzüge	Mittlere Achszahl	Mittlere Zuglänge	Mittlere Geschwindigkeit
Elmshorn	Nacht	68,8	57	13	40	232	126
	Tag	71,0	231	25	32	203	131
Schwarzenbek	Nacht	70,1	45	30	88	440	105
	Tag	70,5	151	41	56	314	131
Celle	Nacht	69,4	47	34	97	434	98
	Tag	69,0	124	57	66	309	109
Nienburg	Nacht	71,5	76	56	91	471	105
	Tag	70,9	158	81	70	380	119
Stadthagen	Nacht	71,7	75	49	80	377	106
	Tag	71,8	207	61	53	289	132
Eilsleben	Nacht	69,9	54	38	83	402	92
	Tag	69,6	122	59	62	315	98
Emmerich	Nacht	67,3	38	26	96	435	94
	Tag	67,4	95	47	75	336	103
Andernach	Nacht	69,7	68	43	83	406	94
	Tag	68,7	160	55	57	292	105
Lahnstein	Nacht	69,5	67	57	99	484	87
	Tag	67,7	126	75	72	357	86
Bad Hersfeld	Nacht	71,4	96	63	78	404	101
	Tag	70,6	219	97	60	324	111
Saalfeld	Nacht	64,8	27	15	52	255	103
	Tag	63,8	86	21	29	152	110
Radebeul	Nacht	68,4	29	19	84	422	98
	Tag	69,4	99	36	58	313	107
Karlstadt	Nacht	72,3	91	68	84	438	95
	Tag	72,0	228	124	66	358	99
Göppingen	Nacht	66,3	47	16	46	256	92
	Tag	66,7	173	25	34	209	100
Osterhofen	Nacht	70,2	49	36	82	408	102
	Tag	70,7	121	65	67	351	113
Emmendingen	Nacht	69,1	62	38	73	381	107
	Tag	70,2	203	82	60	340	119
Rosenheim	Nacht	68,1	49	31	64	360	105
	Tag	69,2	188	58	44	282	118
Fürstenwalde	Nacht	66,0	31	17	72	349	103
	Tag	67,7	108	33	51	272	120
Telgte	Nacht	69,9	46	26	71	369	117
	Tag	70,0	142	29	45	258	143

Tabelle 9: Statistische Pegelwerte für Personenzüge an allen Stationen jeweils für den Zeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr).

Standort	Zeitraum	Mittelungspegel	L_{Aeq}	TEL	$L_{A_{fmax}}$	TEL80
Elmshorn	Nacht	65,4	87,8	88,0	91,9	81,3
	Tag	69,7	87,4	87,6	91,7	81,0
Schwarzenbek	Nacht	60,7	87,1	87,3	91,4	80,2
	Tag	66,6	87,7	87,9	92,0	80,1
Celle	Nacht	54,9	83,4	83,7	86,8	79,0
	Tag	60,5	84,5	84,9	88,8	79,2
Nienburg	Nacht	62,6	87,8	88,0	92,5	80,6
	Tag	65,4	87,9	88,1	92,2	80,1
Stadthagen	Nacht	62,7	86,3	86,5	89,8	79,9
	Tag	69,7	88,4	88,6	92,4	79,9
Eilsleben	Nacht	57,4	81,4	81,6	86,4	80,7
	Tag	60,4	82,3	82,6	87,6	80,5
Emmerich	Nacht	55,7	83,7	83,9	87,3	80,2
	Tag	59,5	84,5	84,7	87,5	79,6
Andernach	Nacht	56,8	80,8	81,0	84,6	77,3
	Tag	60,8	81,2	81,4	84,7	76,5
Lahnstein	Nacht	49,0	77,1	77,3	80,9	76,2
	Tag	50,7	76,3	76,7	79,1	75,6
Bad Hersfeld	Nacht	64,8	87,6	87,7	94,7	82,9
	Tag	64,9	85,1	85,3	91,3	79,7
Saalfeld	Nacht	53,1	81,5	81,7	83,6	77,9
	Tag	54,6	79,2	79,6	82,2	75,0
Radebeul	Nacht	56,4	84,5	84,7	88,4	81,0
	Tag	61,8	83,4	83,7	87,9	79,7
Karlstadt	Nacht	58,7	82,3	82,5	86,6	78,6
	Tag	57,6	80,9	81,3	83,9	77,9
Göppingen	Nacht	60,6	83,3	83,6	87,3	79,9
	Tag	64,5	84,0	84,3	88,7	80,4
Osterhofen	Nacht	61,6	87,5	87,7	92,0	81,3
	Tag	65,8	89,1	89,3	93,1	82,2
Emmendingen	Nacht	60,3	84,6	84,8	87,7	78,1
	Tag	64,7	84,3	84,6	87,4	77,4
Rosenheim	Nacht	57,5	82,1	82,3	85,9	76,5
	Tag	63,1	82,1	82,3	85,8	76,5
Fürstenwalde	Nacht	58,0	83,2	83,3	87,0	78,2
	Tag	64,6	86,2	86,4	90,0	79,3
Telgte	Nacht	62,1	87,6	87,8	91,6	79,3
	Tag	68,3	88,5	88,7	92,4	79,3

Tabelle 10: Mittelungspegel und mittlere Vorbeifahrtpegel/ Vorbeifahrtexpositionspegel für Güterzüge an allen Stationen jeweils für den Beurteilungszeitraum Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr).

Standort	Zeitraum	Mittelungspegel	L_{Aeq}	TEL	$L_{A_{fmax}}$	TEL80
Elmshorn	Nacht	65,8	86,2	86,2	93,6	85,4
	Tag	65,6	86,8	86,9	94,1	85,8
Schwarzenbek	Nacht	66,6	86,0	86,1	92,1	84,5
	Tag	64,9	85,9	86,0	91,9	84,5
Celle	Nacht	68,8	84,3	84,3	90,7	83,3
	Tag	68,6	84,6	84,7	91,3	83,5
Nienburg	Nacht	72,0	85,8	85,9	92,4	83,9
	Tag	70,9	86,2	86,3	92,7	83,9
Stadthagen	Nacht	71,3	86,3	86,3	92,3	85,3
	Tag	69,3	86,5	86,6	92,5	85,5
Eilsleben	Nacht	69,2	82,9	82,9	90,6	83,1
	Tag	68,2	82,9	83,0	90,5	82,9
Emmerich	Nacht	65,6	83,9	84,0	90,8	83,0
	Tag	65,9	84,3	84,3	91,0	83,5
Andernach	Nacht	68,6	83,9	83,9	90,5	83,0
	Tag	67,4	84,4	84,5	90,9	83,4
Lahnstein	Nacht	66,5	82,5	82,5	89,4	81,5
	Tag	65,0	82,5	82,6	89,4	81,8
Bad Hersfeld	Nacht	69,9	83,7	83,8	91,1	82,0
	Tag	69,2	83,8	83,9	91,3	82,0
Saalfeld	Nacht	63,3	84,7	84,7	91,2	82,8
	Tag	62,4	85,0	85,1	91,1	83,2
Radebeul	Nacht	66,7	85,0	85,1	91,8	84,0
	Tag	66,4	85,0	85,1	92,4	84,2
Karlstadt	Nacht	71,2	85,0	85,1	92,0	83,7
	Tag	72,0	85,1	85,2	92,1	83,8
Göppingen	Nacht	64,5	84,5	84,6	91,2	84,8
	Tag	62,6	83,8	83,9	90,5	84,9
Osterhofen	Nacht	70,9	87,3	87,4	93,2	85,4
	Tag	71,0	87,6	87,7	93,5	85,4
Emmendingen	Nacht	68,5	84,9	84,9	90,8	83,7
	Tag	69,1	84,7	84,8	90,8	83,7
Rosenheim	Nacht	66,9	83,7	83,8	90,9	82,0
	Tag	66,3	83,5	83,6	90,7	81,8
Fürstenwalde	Nacht	64,6	83,9	84,0	90,4	82,5
	Tag	64,8	84,1	84,1	90,4	82,5
Telgte	Nacht	69,1	86,3	86,4	92,7	84,5
	Tag	67,3	86,8	86,9	93,2	85,4

Tabelle 11: Mittelungspegel, mittlere Vorbeifahrtpegel/ Vorbeifahrtexpositionspegel und mittlerer Vorbeifahrtexpositionspegel bezogen auf 80 km/h, sowie Zugkennzahlen für Personen- (PZ) und Güterzüge (GZ) an allen Stationen.

Standort	Tage in Betrieb	Zugkategorie	L_m	L_{Aeq}	TEL	L_{max}	TEL80	Züge pro Tag	Achsen pro Zug	Mittlere Zuglänge	mittlere Geschwindigkeit
Elmshorn	365	PZ	68,7	87,5	87,7	91,7	81,0	230	25	167	137
		GZ	65,7	86,6	86,6	93,9	85,6	33	94	487	87
Schwarzenbek	365	PZ	65,4	87,6	87,8	91,9	80,2	82	35	231	148
		GZ	65,6	86,0	86,0	92,0	84,5	33	114	550	90
Celle	365	PZ	59,3	84,4	84,7	88,5	79,1	74	15	109	126
		GZ	68,7	84,5	84,6	91,1	83,4	96	128	550	88
Nienburg	365	PZ	64,6	87,9	88,1	92,3	80,2	78	30	196	148
		GZ	71,3	86,1	86,1	92,6	83,9	131	109	563	95
Stadthagen	365	PZ	68,4	88,1	88,4	92,1	79,9	168	32	204	148
		GZ	70,1	86,4	86,5	92,4	85,5	98	105	476	88
Eilsleben	365	PZ	59,6	82,1	82,4	87,4	80,5	71	24	148	100
		GZ	68,6	82,9	83,0	90,6	83,0	129	110	516	84
Emmerich	365	PZ	58,5	84,3	84,5	87,5	79,7	48	21	139	120
		GZ	65,8	84,2	84,2	91,0	83,4	54	127	528	86
Andernach	365	PZ	59,8	81,1	81,4	84,7	76,6	112	26	164	109
		GZ	67,8	84,2	84,3	90,8	83,2	87	115	524	87
Lahnstein	365	PZ	50,2	76,5	76,8	79,4	75,7	44	14	102	88
		GZ	65,6	82,5	82,5	89,4	81,7	76	105	533	86
Bad Hersfeld	365	PZ	64,8	85,8	86,0	92,2	80,6	136	25	169	128
		GZ	69,4	83,8	83,9	91,2	82,0	147	104	531	92
Saalfeld	365	PZ	54,1	79,7	80,1	82,4	75,6	66	14	103	117
		GZ	62,7	84,9	85,0	91,2	83,0	35	74	381	95
Radebeul	365	PZ	60,6	83,6	83,8	88,0	79,9	66	28	182	112
		GZ	66,5	85,0	85,1	92,2	84,1	52	106	527	87
Karlstadt	365	PZ	58,0	81,4	81,7	84,6	78,2	85	18	120	104
		GZ	71,7	85,1	85,2	92,0	83,8	174	101	525	90
Göppingen	365	PZ	63,5	83,9	84,1	88,5	80,3	142	22	151	107
		GZ	63,3	84,1	84,2	90,8	84,9	34	82	411	77
Osterhofen	365	PZ	64,8	88,8	89,0	92,9	82,0	65	28	184	137
		GZ	71,0	87,5	87,6	93,4	85,4	95	104	511	94
Emmendingen	365	PZ	63,7	84,3	84,6	87,5	77,5	125	29	205	140
		GZ	68,9	84,7	84,8	90,8	83,7	103	101	499	89
Rosenheim	365	PZ	61,9	82,1	82,3	85,8	76,5	145	26	181	127
		GZ	66,5	83,6	83,7	90,8	81,8	85	91	485	92
Fürstenwalde	365	PZ	63,3	85,8	86,0	89,6	79,1	102	24	157	133
		GZ	64,7	84,0	84,1	90,4	82,5	45	114	535	92
Telgte	365	PZ	67,0	88,4	88,6	92,3	79,3	119	33	223	162
		GZ	68,0	86,6	86,7	93,0	85,0	56	108	517	91

5 Anhang: Schienenrauheit und Abklingrate 2024

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit in dB, re 1 μm entsprechend BS EN 15610:2019

Darstellung der energetischen Mittelwerte über alle Messpuren beider Schienen separat für jedes Gleis am Messquerschnitt. Gegenüberstellung des Grenzspektrums für Referenzgleisabschnitte nach TSI Lärm/EN ISO 3095.

Rauheits-Einzahlwert L_{ACA} in dB ist angegeben für die Bezugs-Geschwindigkeiten 80 km/h und 120 km/h entsprechend Deliverable 12 part 1 of the HARMONOISE project.

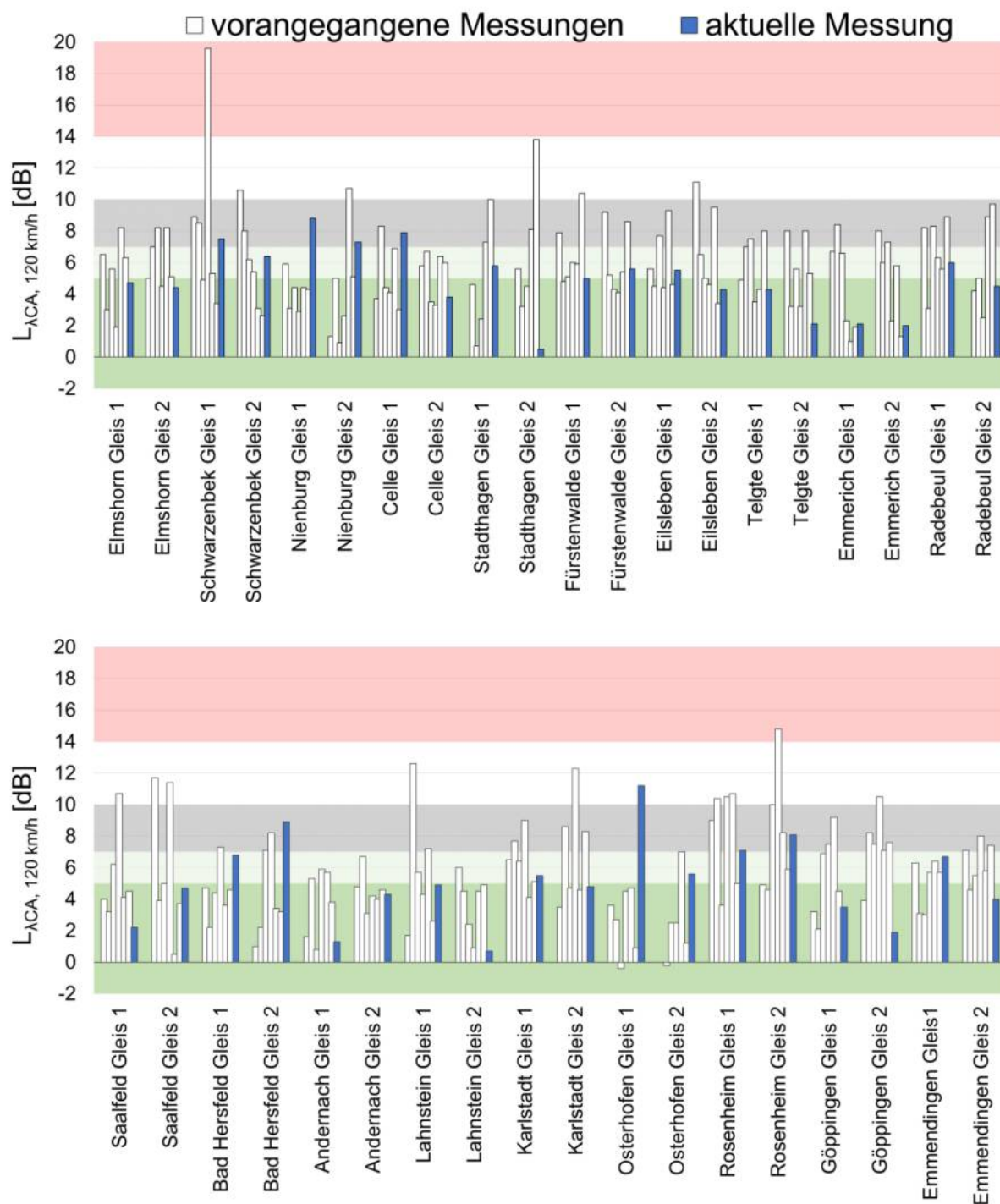


Abbildung 25: Rauheits-Einzahlwerte $L_{\lambda CA}$ in dB(A) für alle Messquerschnitte aller Messstandorte mit der Bezugs-Geschwindigkeit 120 km/h. Die grauen Balken repräsentieren die Ergebnisse der Initialmessung und die blauen Balken zeigen die Ergebnisse der zweiten Messung.

Gleisabklingrate in dB/m entsprechend EN 15461:2008

Darstellung der Abklingraten in vertikaler und horizontaler Messrichtung für jede Schiene (linke/rechte Schiene in Bezug auf die Fahrtrichtung). Gegenüberstellung des Grenzspektrums für Referenzgleisabschnitte nach TSI Lärm/EN ISO 3095.

(Hinweis: Einzelne Frequenzbereiche der Graphen sind nicht dargestellt, sofern das Ergebnis als nicht vertrauenswürdig einzustufen ist, z. B. aufgrund unzureichender Signalqualität.)

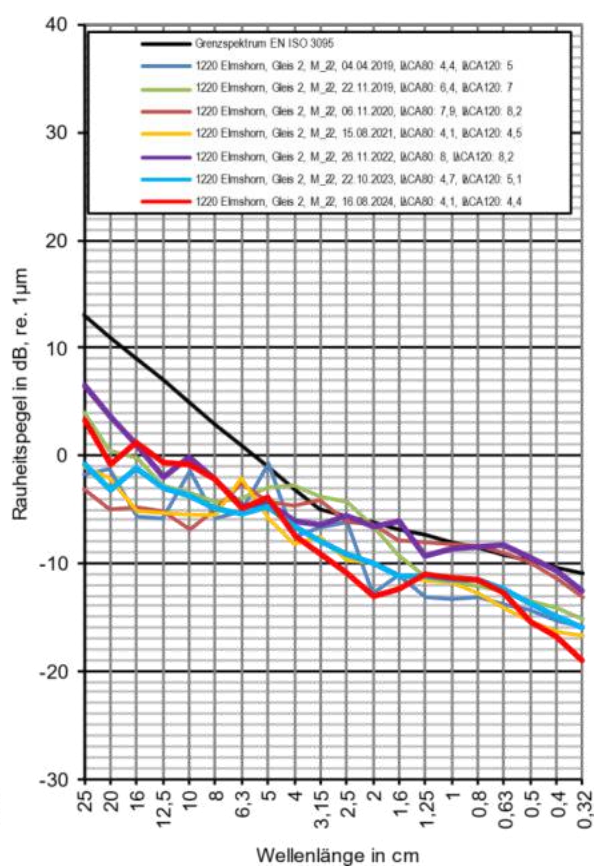
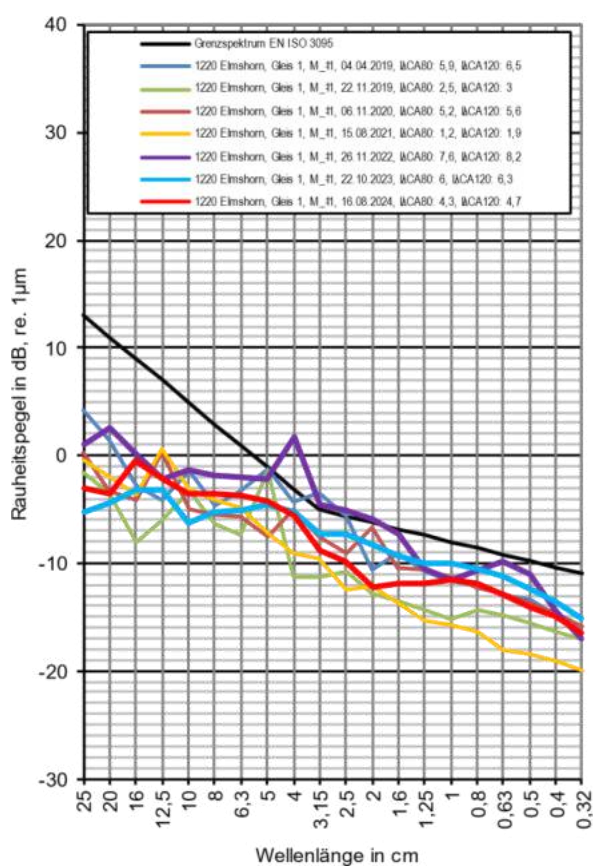
Messstelle Elmshorn

Strecke 1220, km 27,4

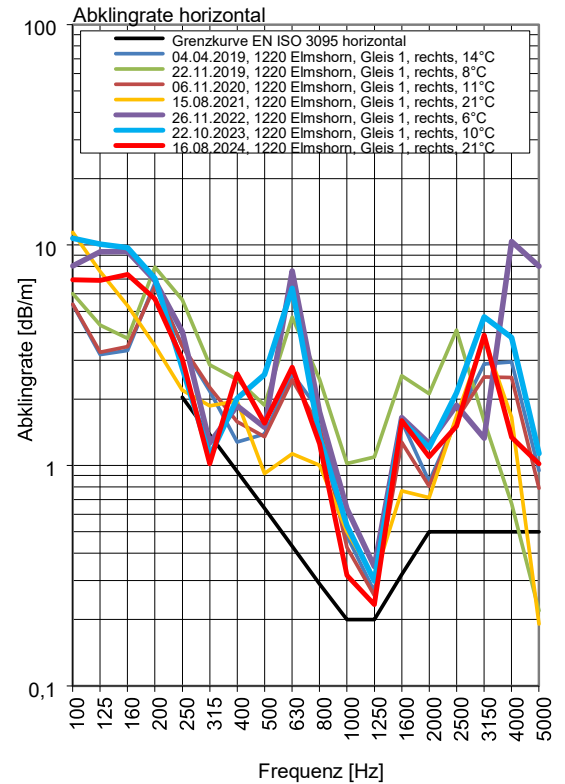
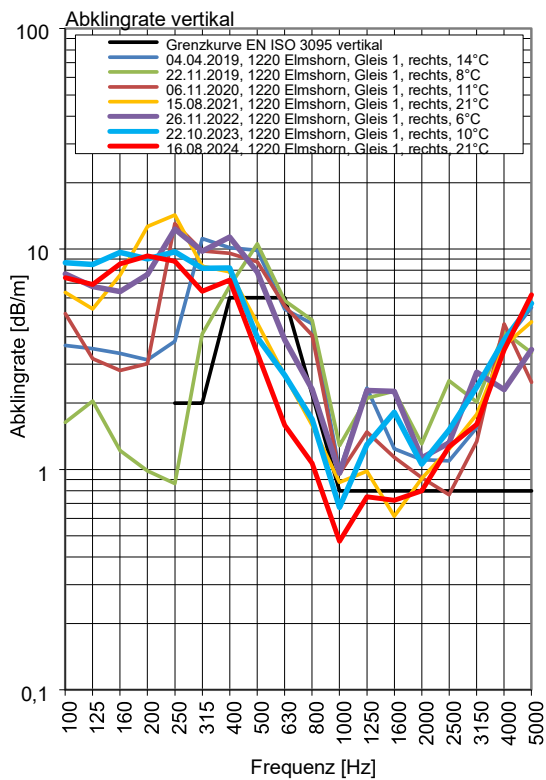
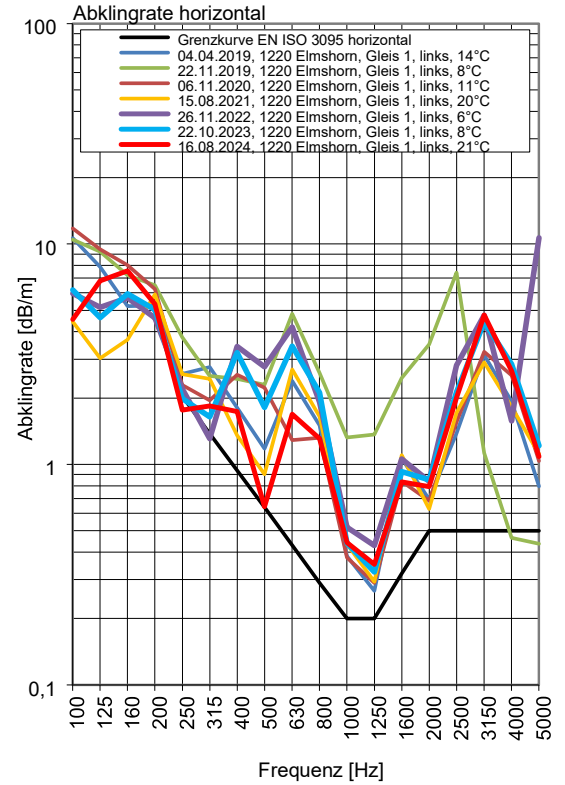
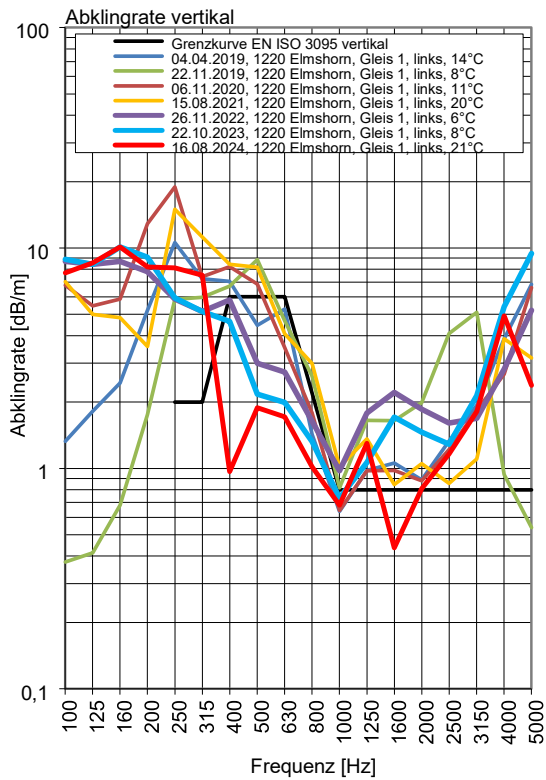
Gleis 1: Richtung Kiel

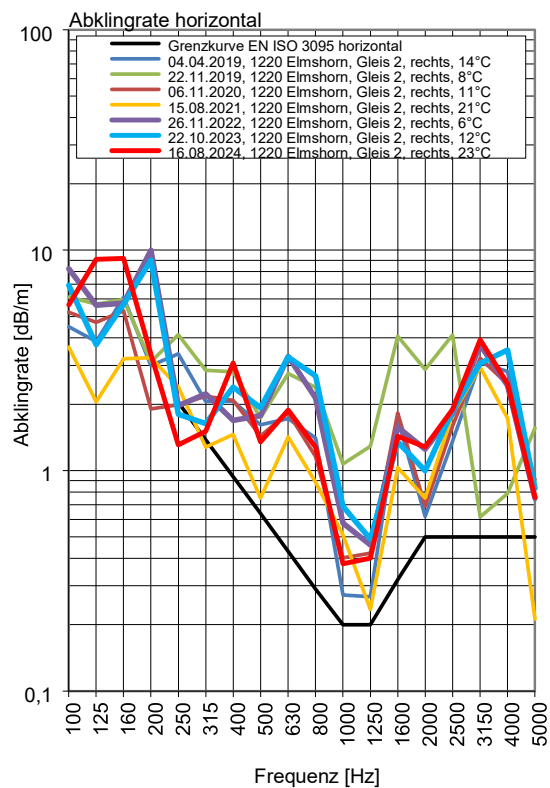
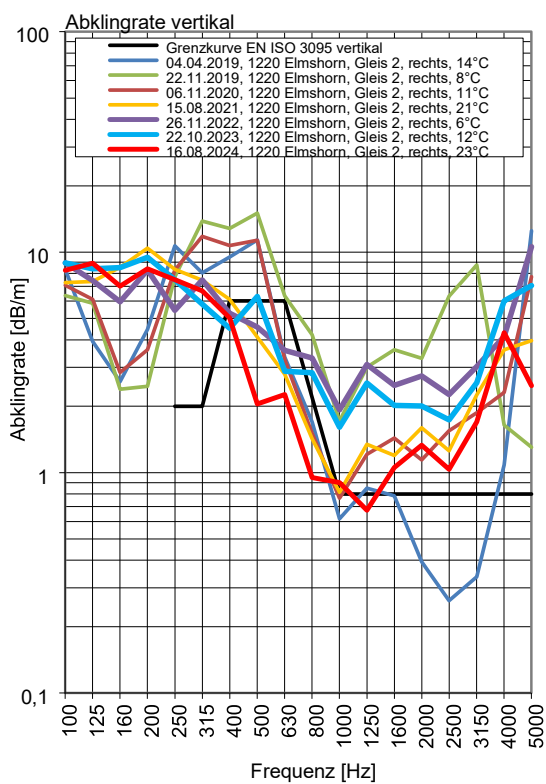
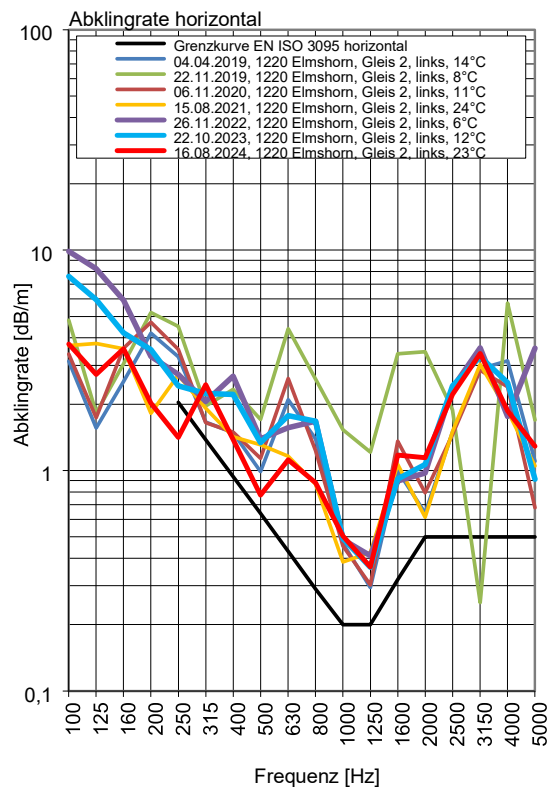
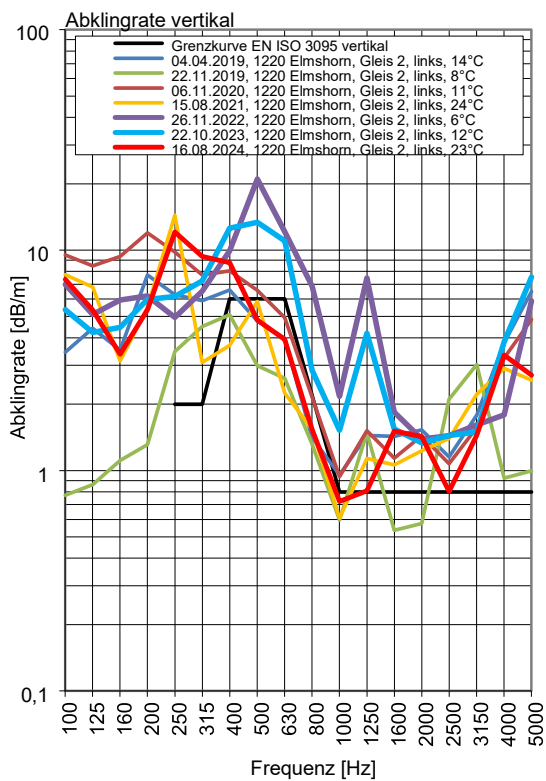
Gleis 2: Richtung Hamburg

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





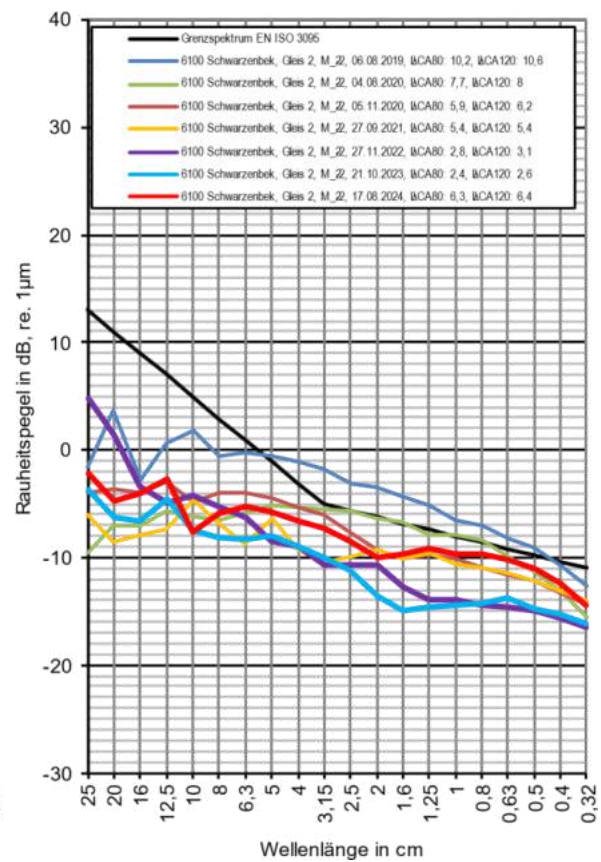
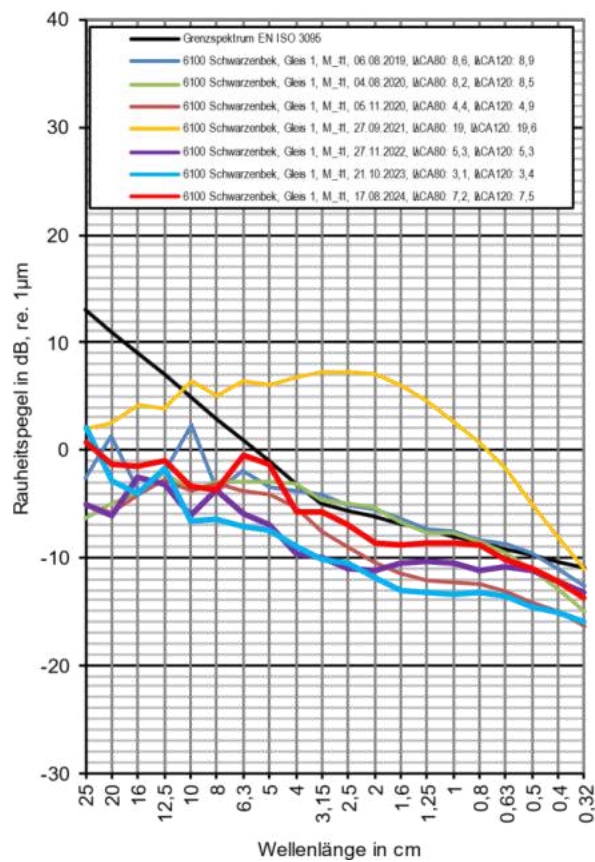
Messstelle Schwarzenbek

Strecke 6100, km 242,1

Gleis 1: Richtung Hamburg

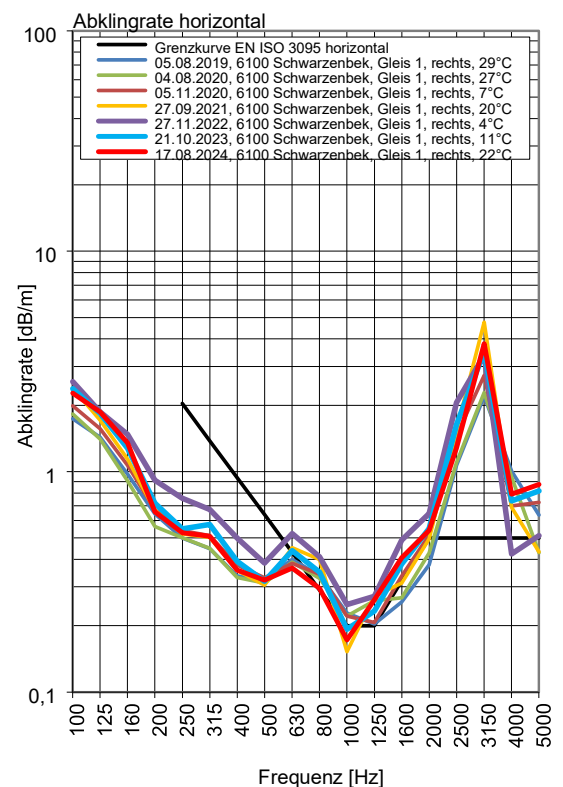
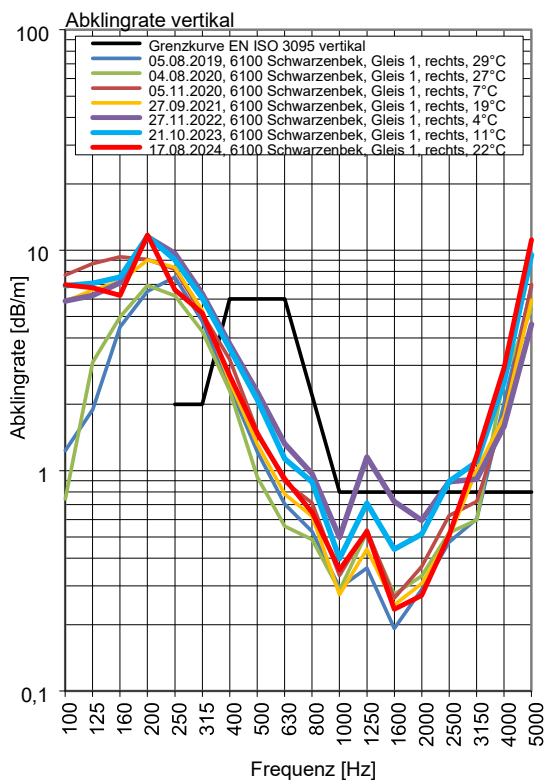
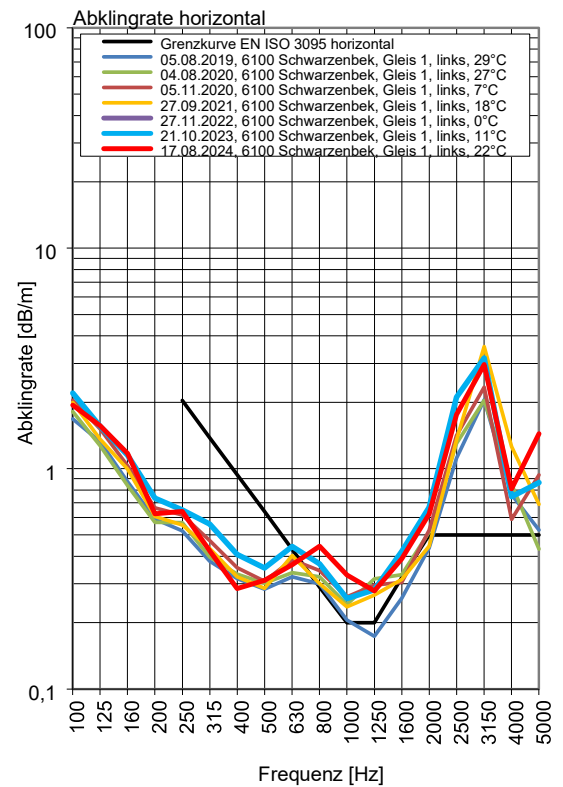
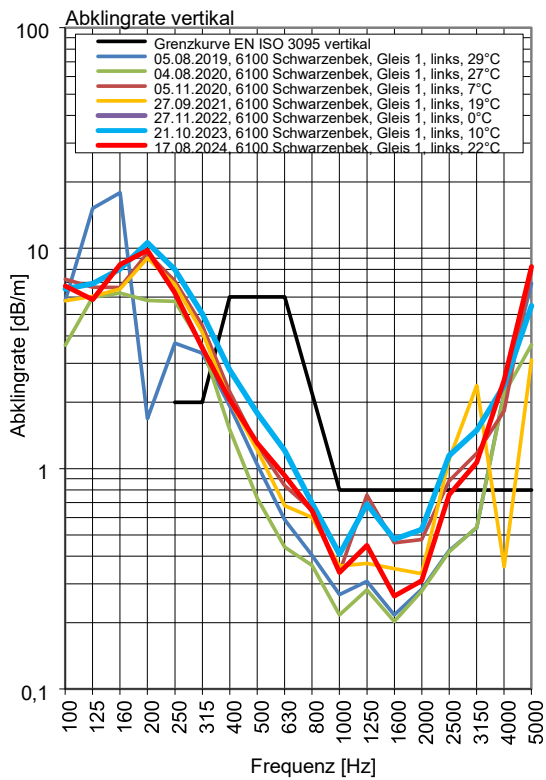
Gleis 2: Richtung Berlin

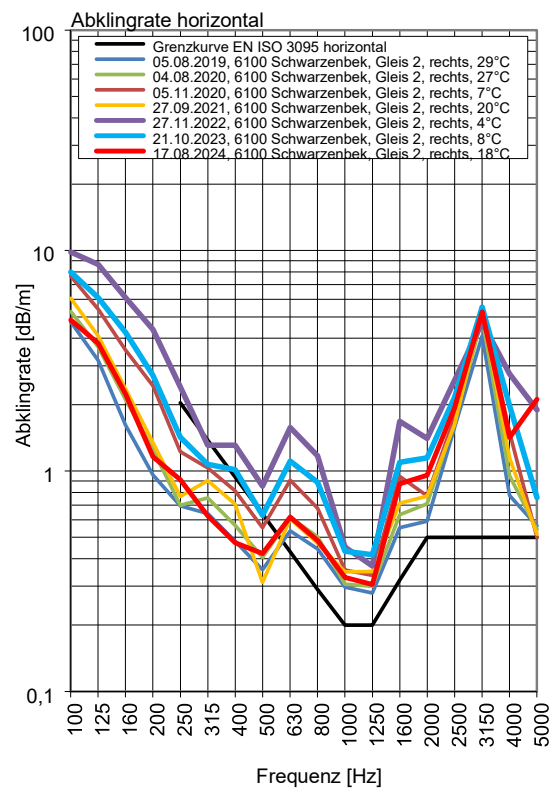
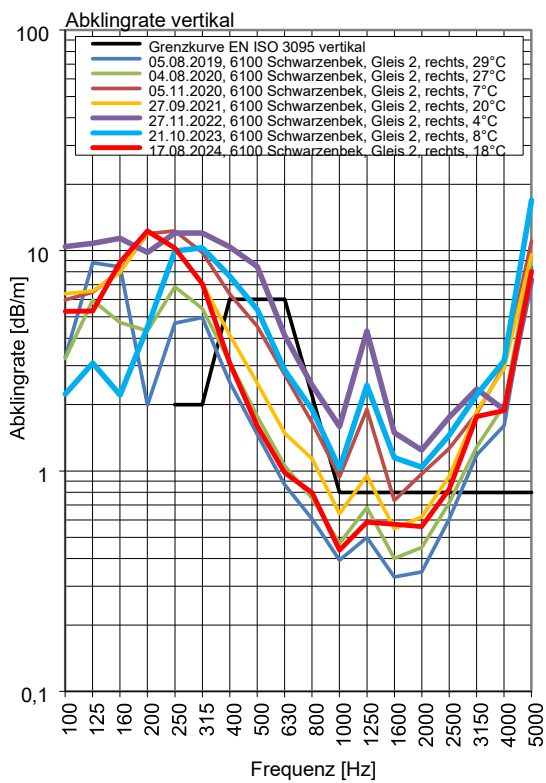
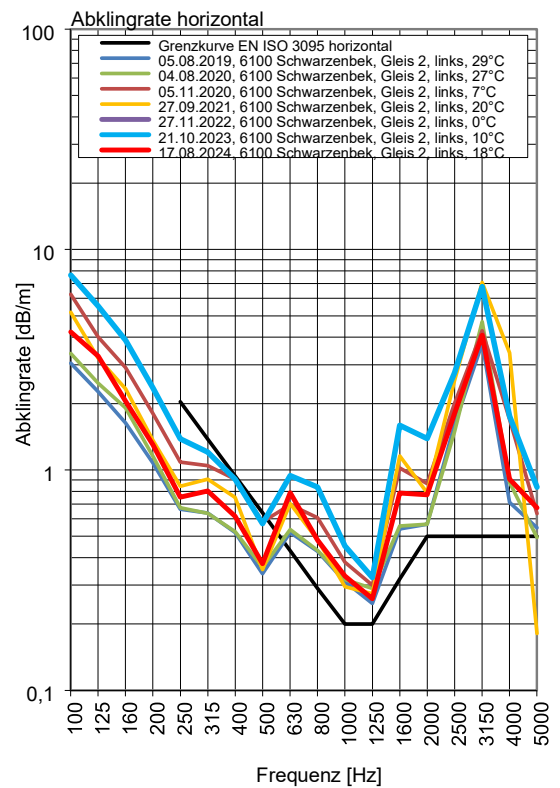
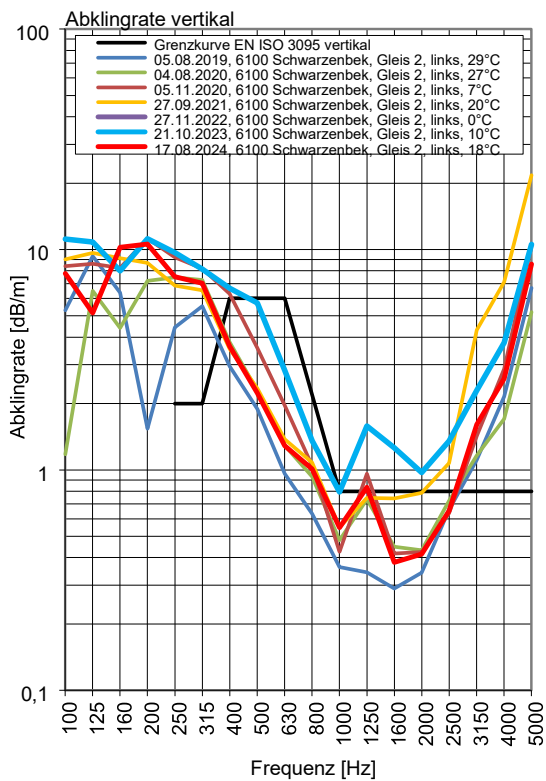
Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Anmerkung zu 2021: Korrosion an Schienenoberfläche auf Gleis1, da kein Verkehr

Gleisabklingrate





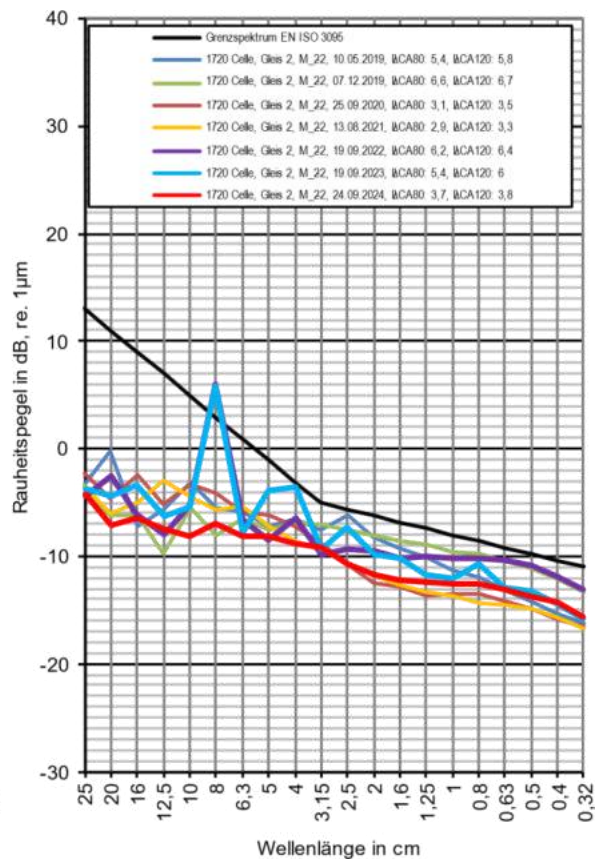
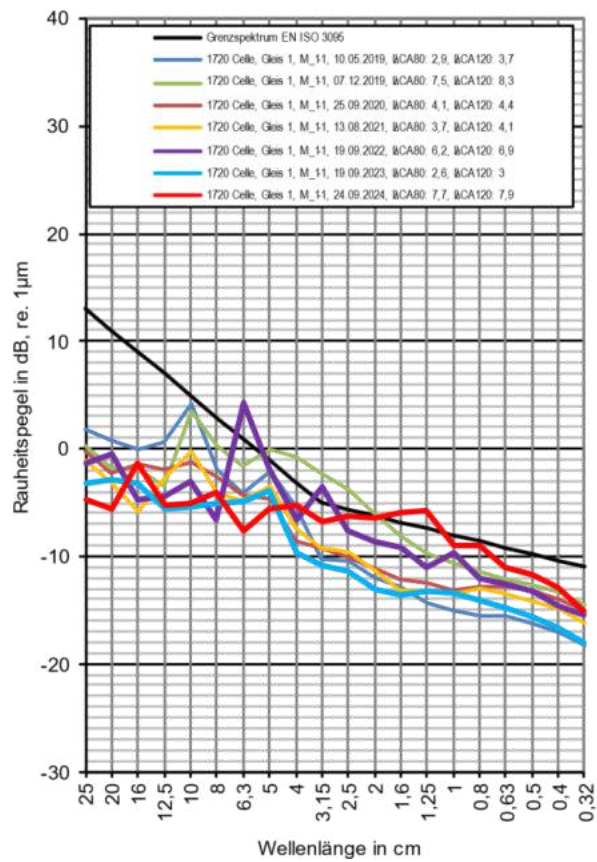
Messstelle Celle

Strecke 1720, km 39,8

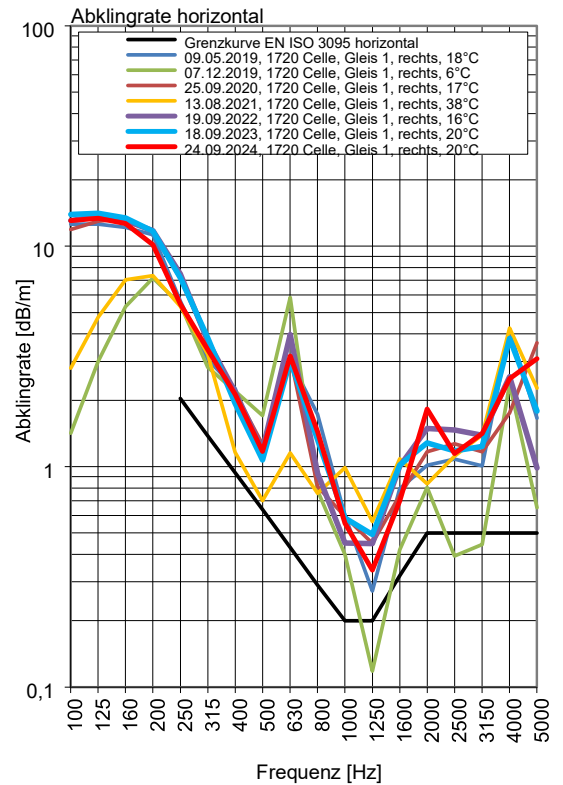
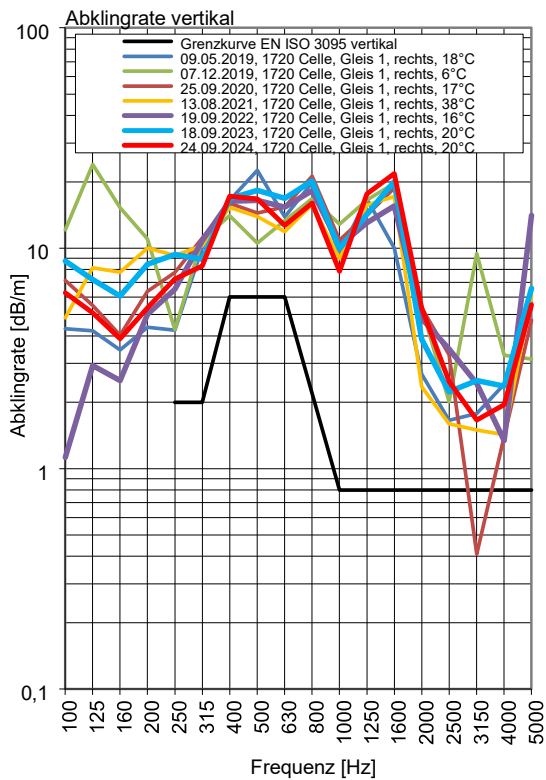
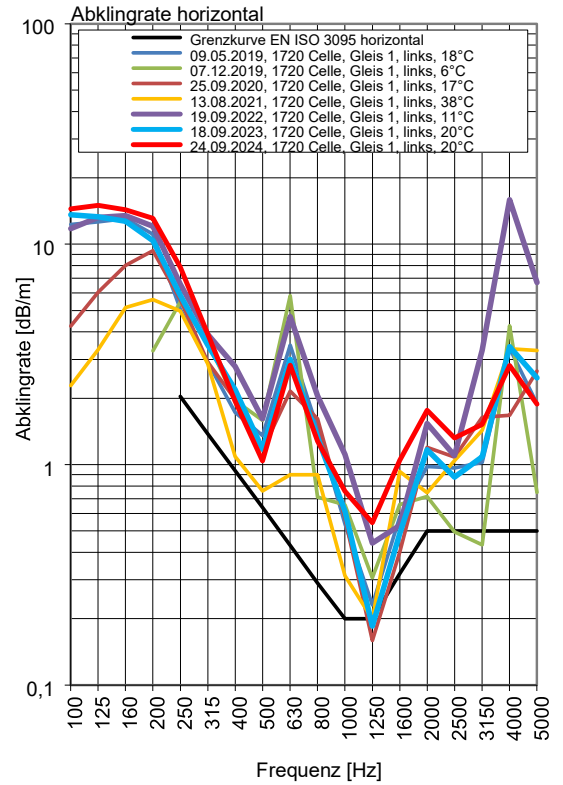
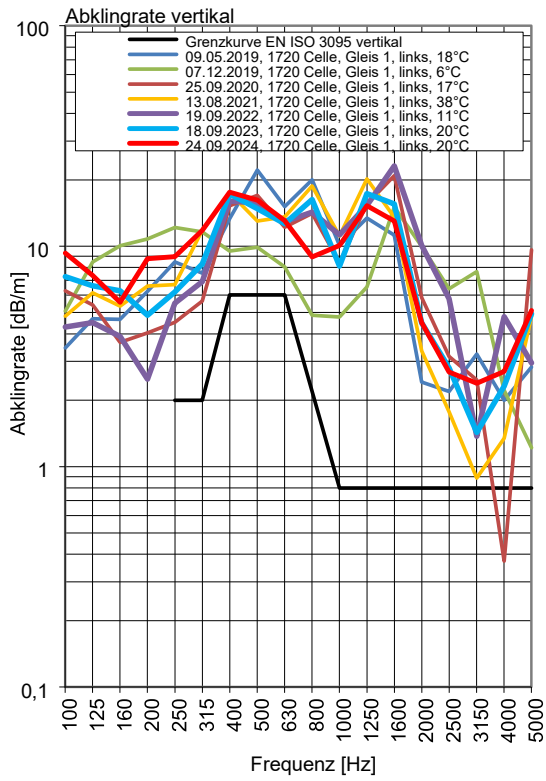
Gleis 1: Richtung Hamburg

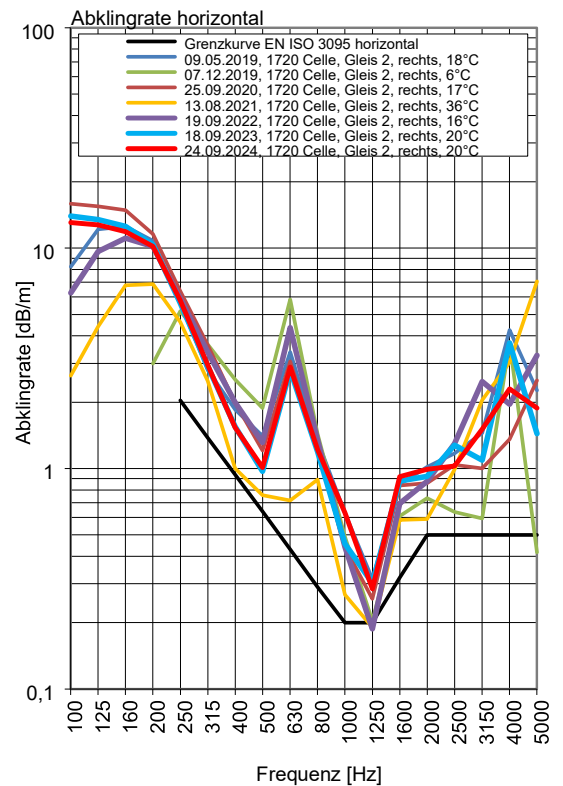
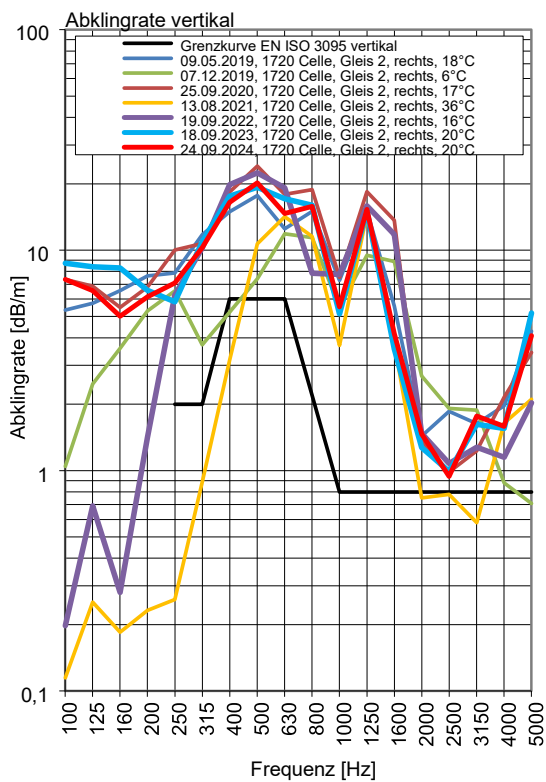
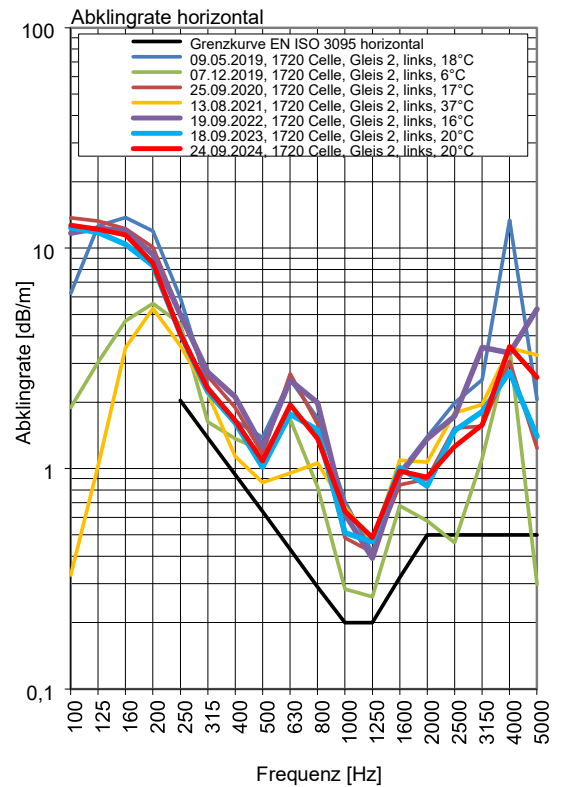
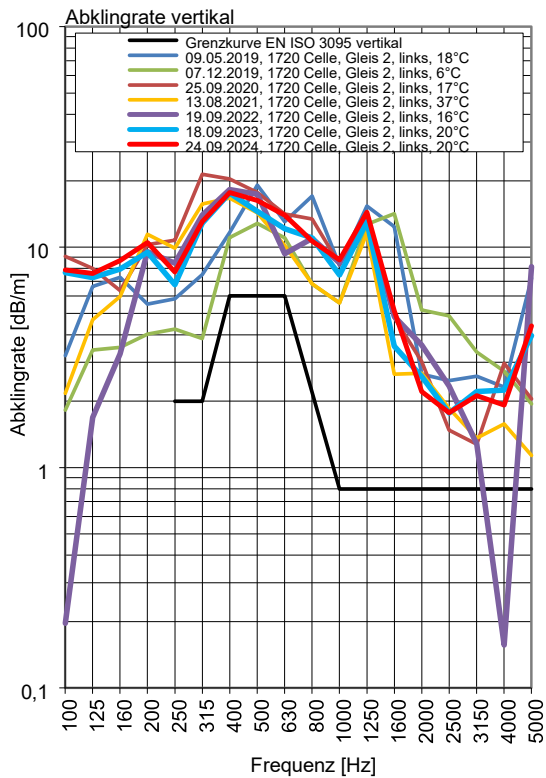
Gleis 2: Richtung Lehrte

Terzpeegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





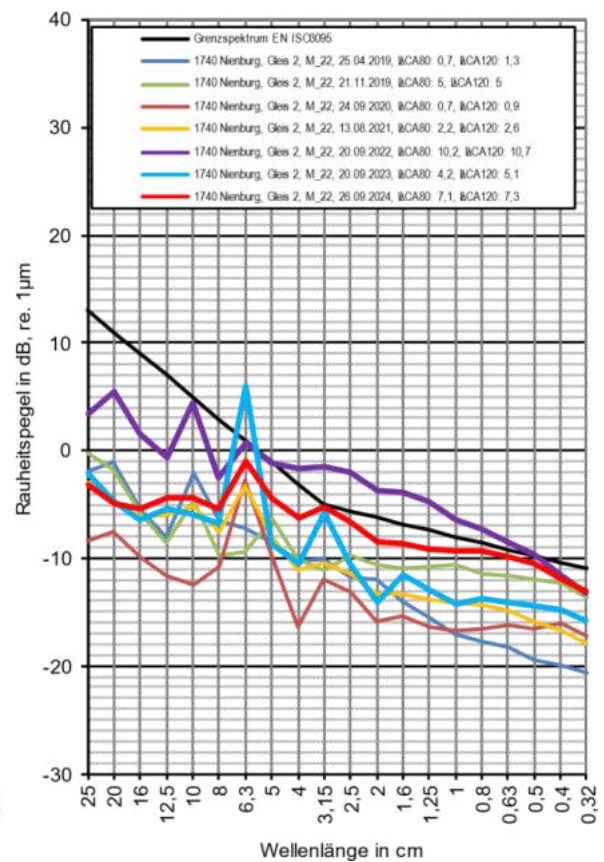
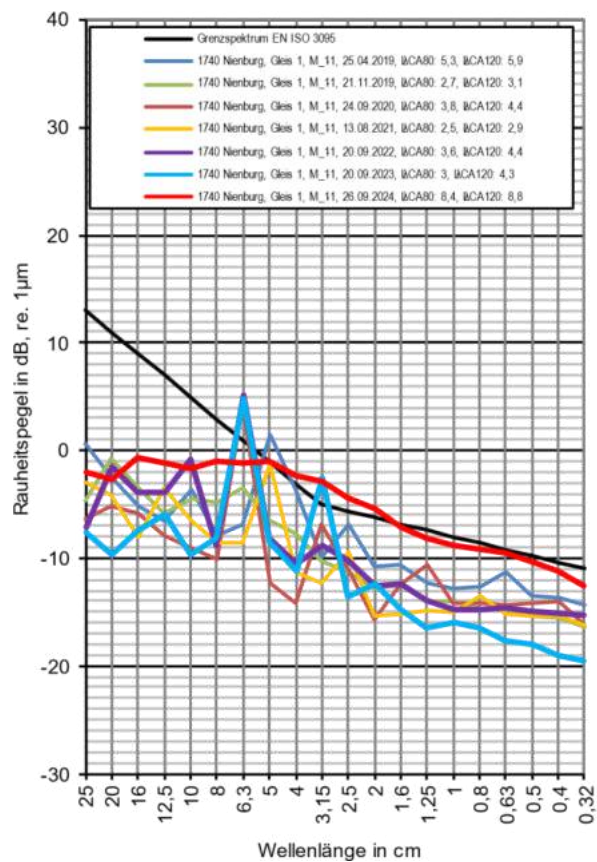
Messstelle Nienburg

Strecke 1740, km 65,1

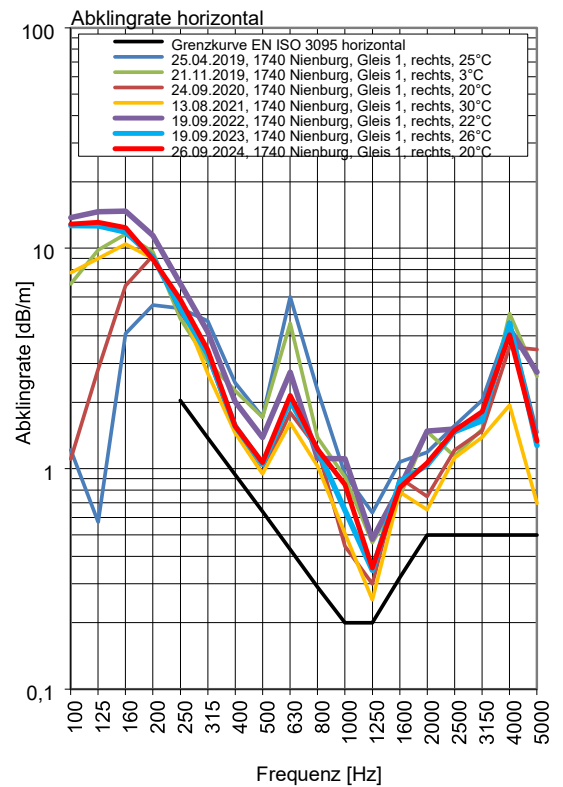
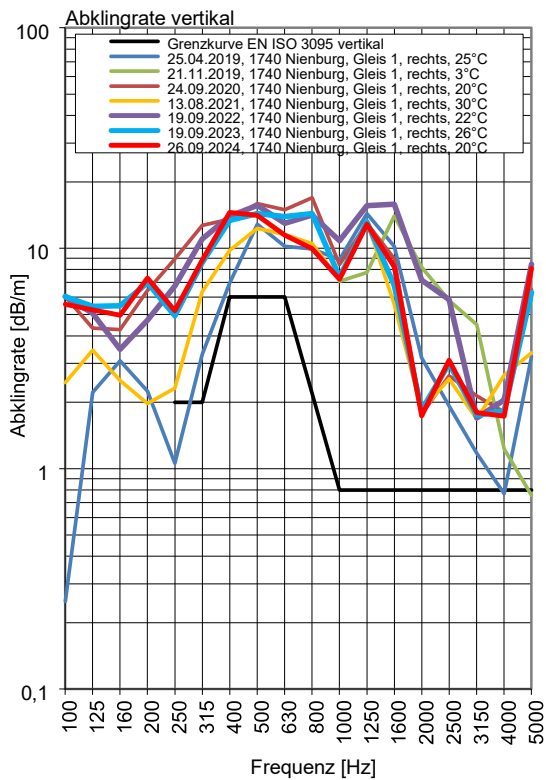
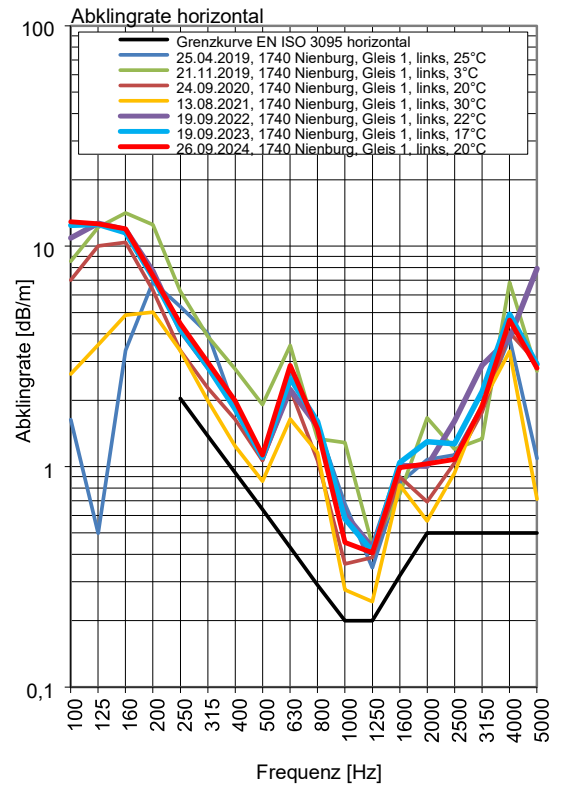
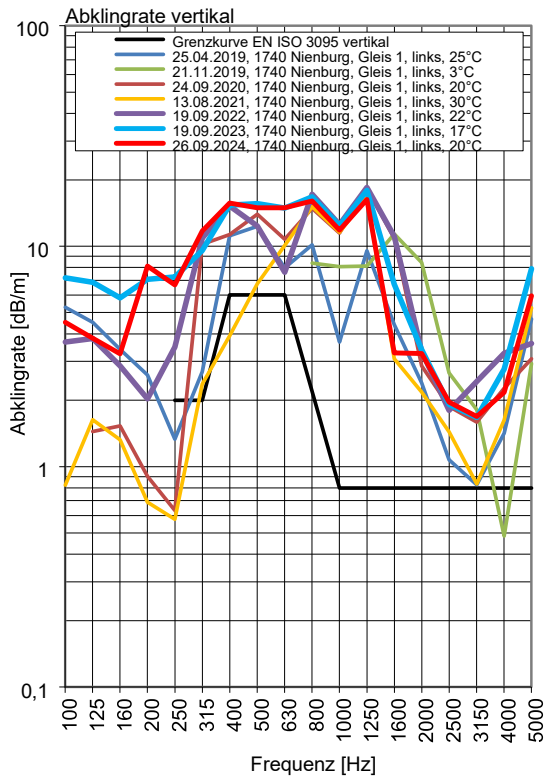
Gleis 1: Richtung Bremen

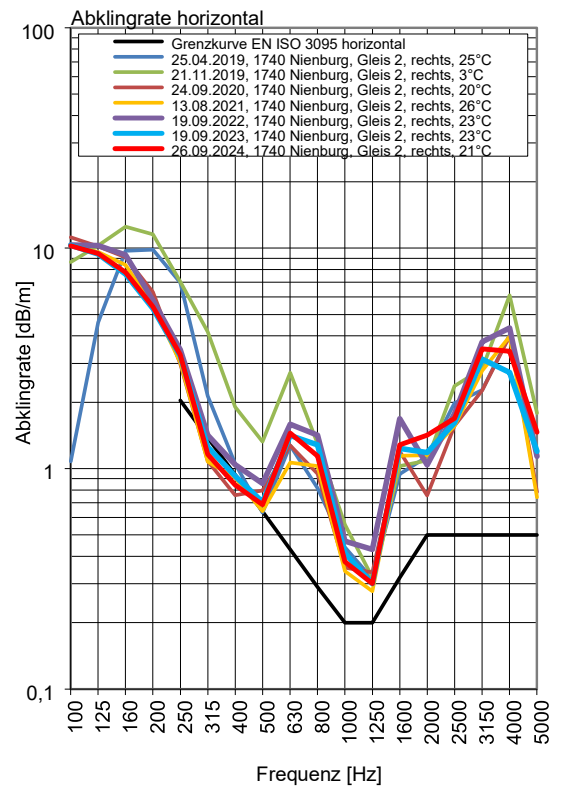
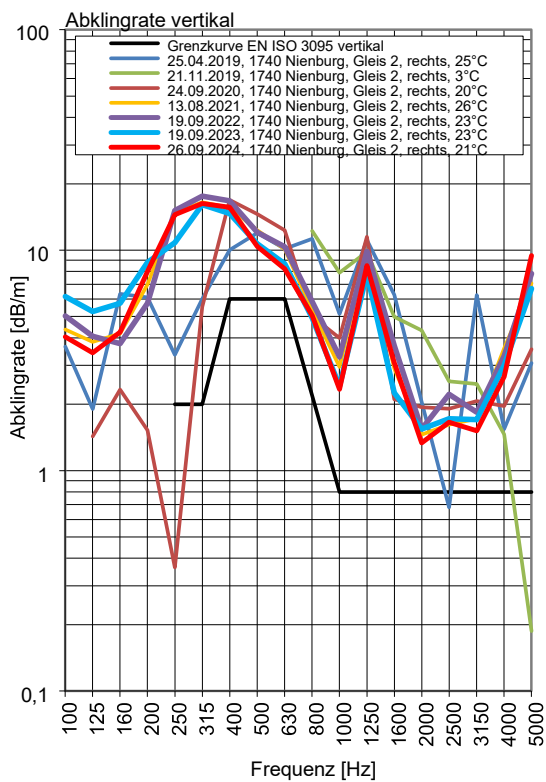
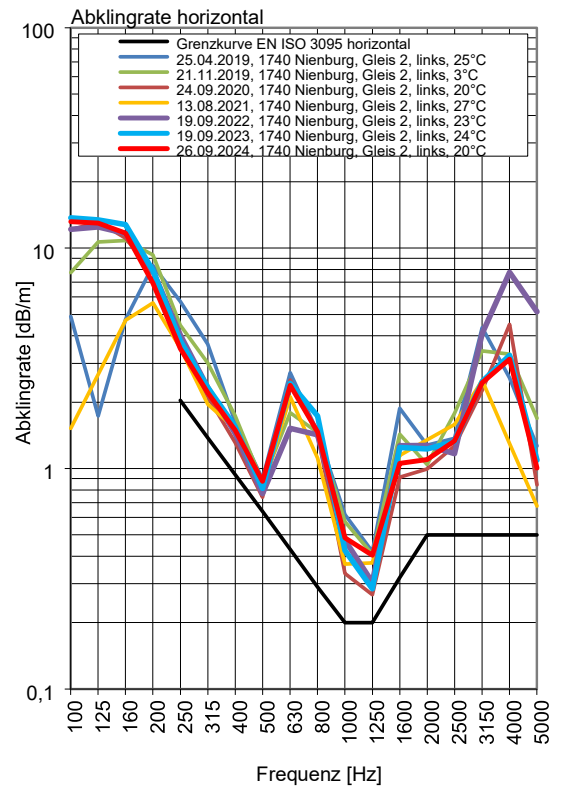
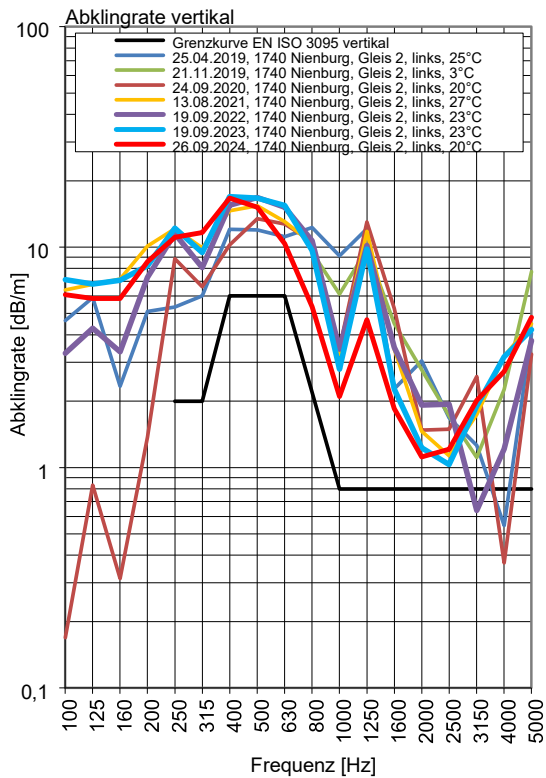
Gleis 2: Richtung Wunstorf

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





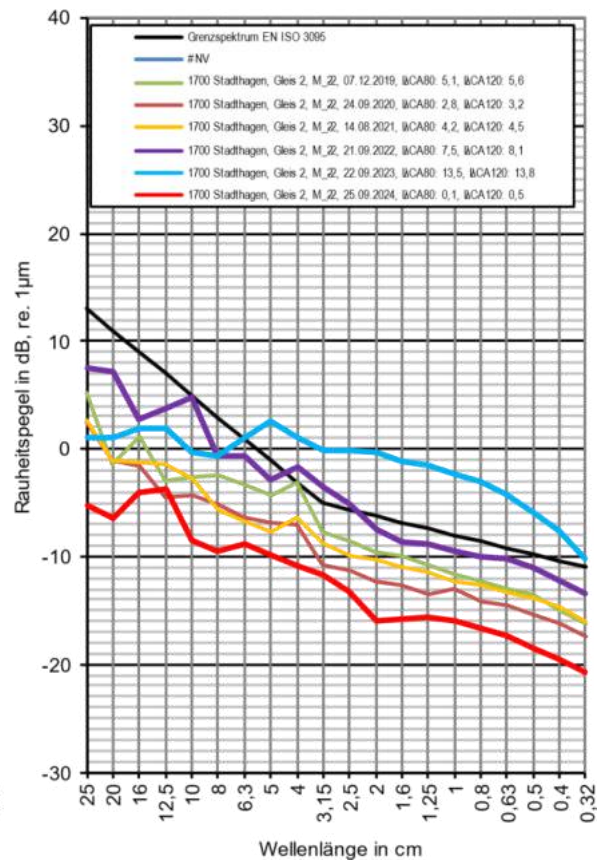
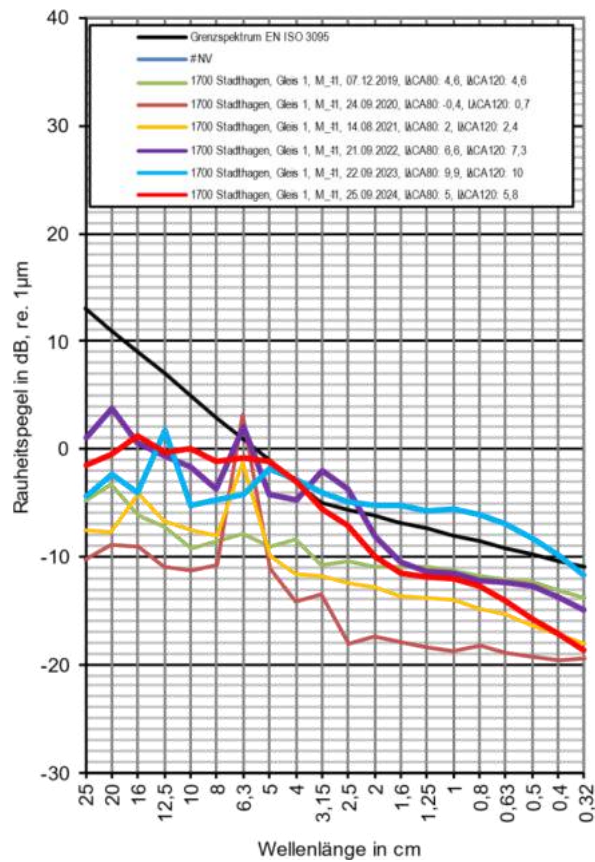
Messstelle Stadthagen

Strecke 1700, km 34,7

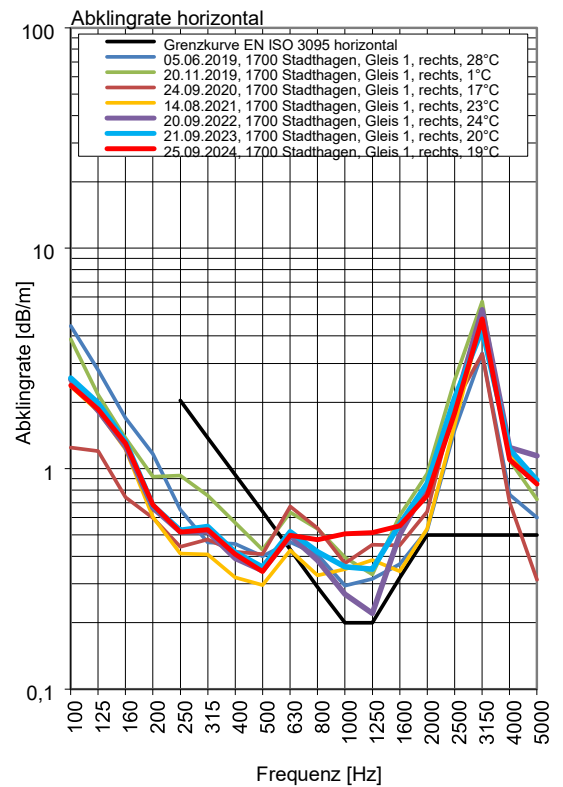
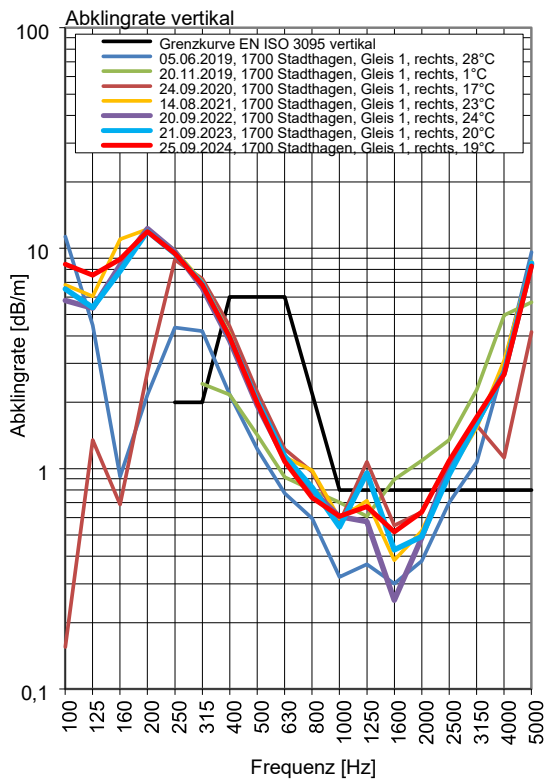
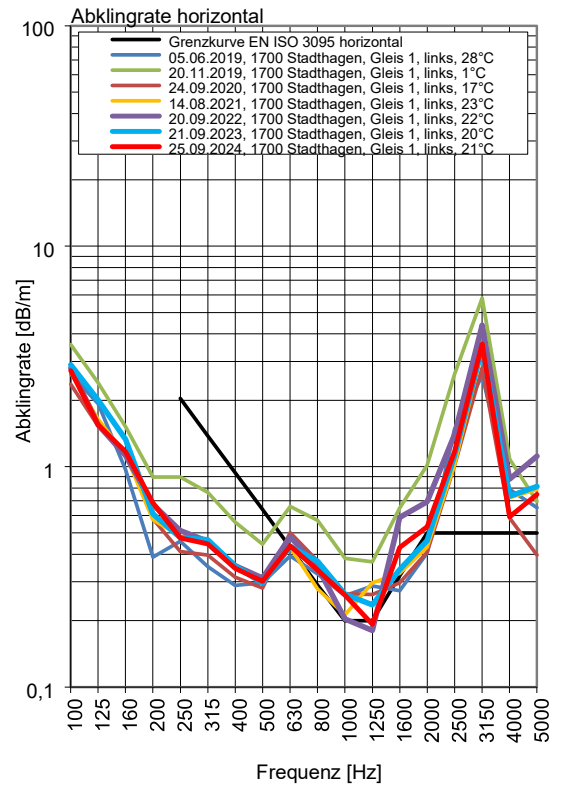
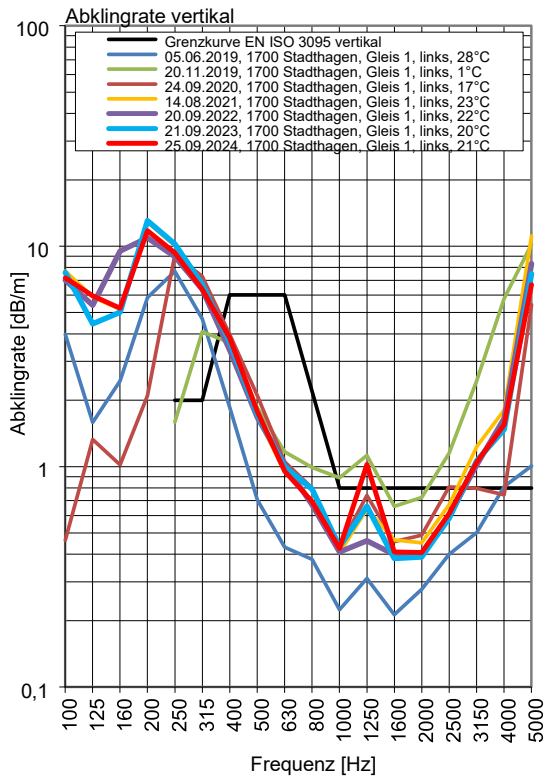
Gleis 1: Richtung Hannover

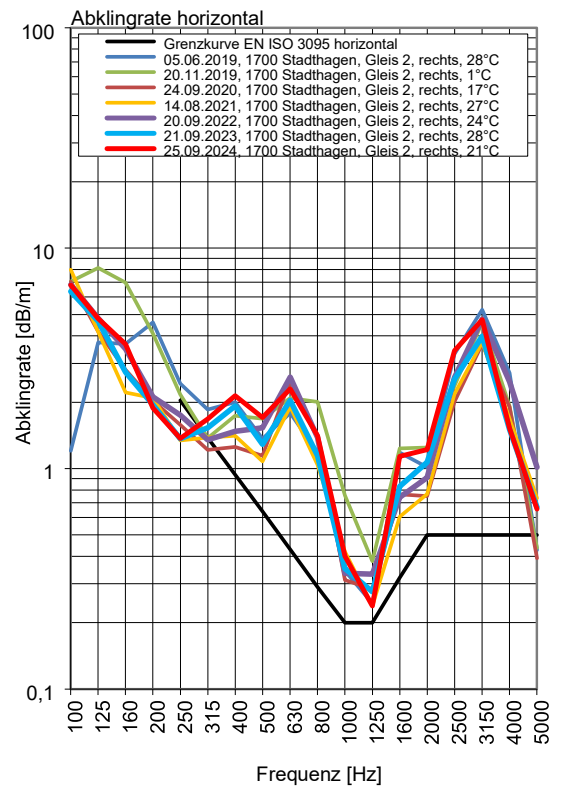
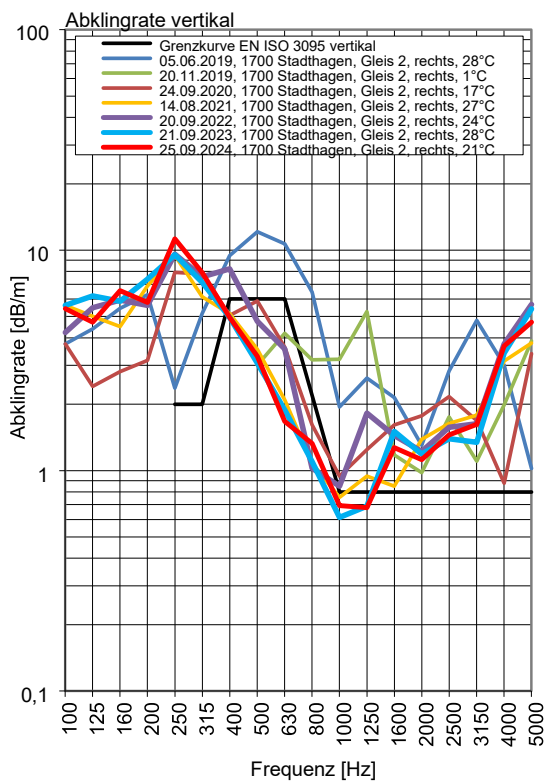
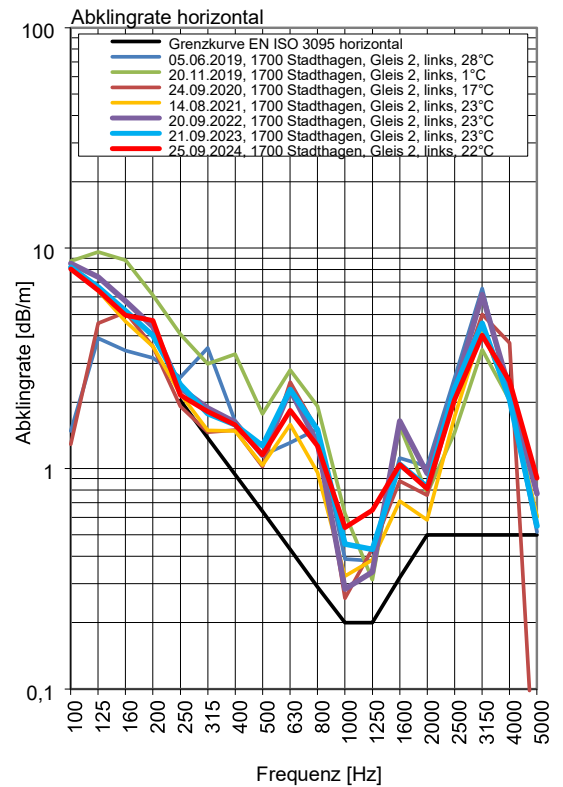
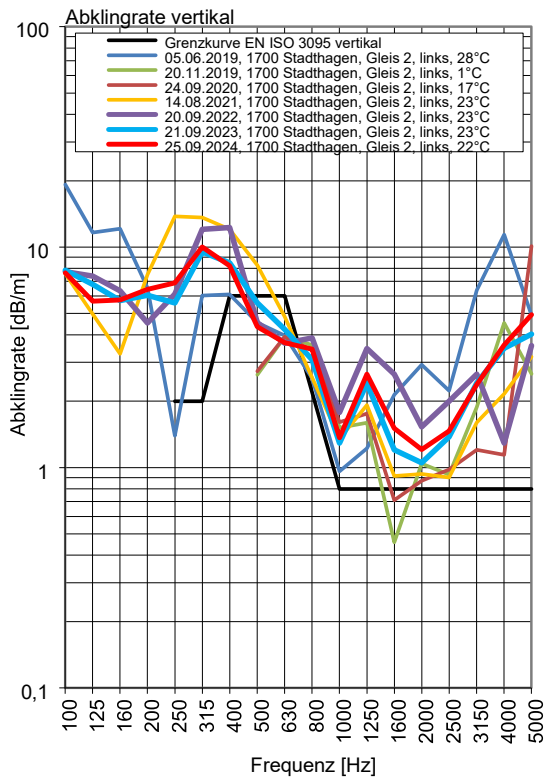
Gleis 2: Richtung Minden

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





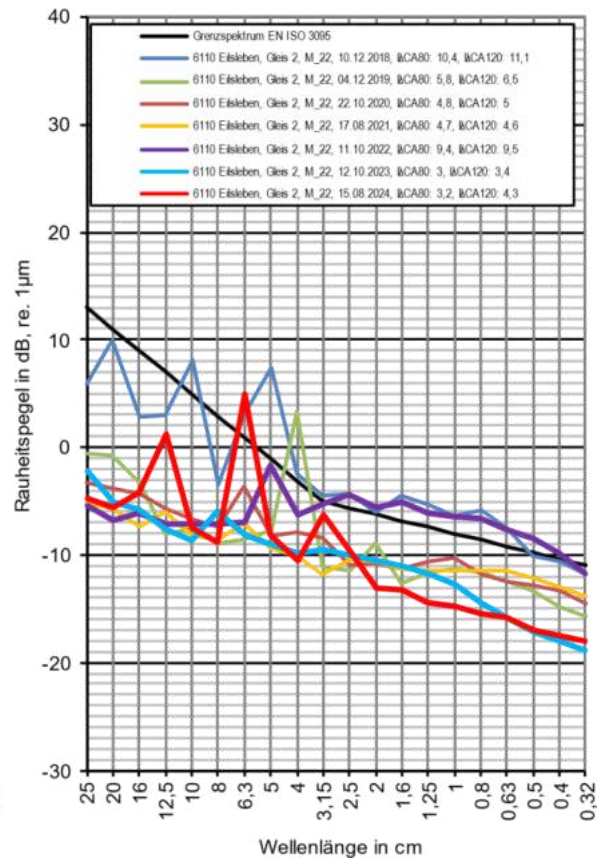
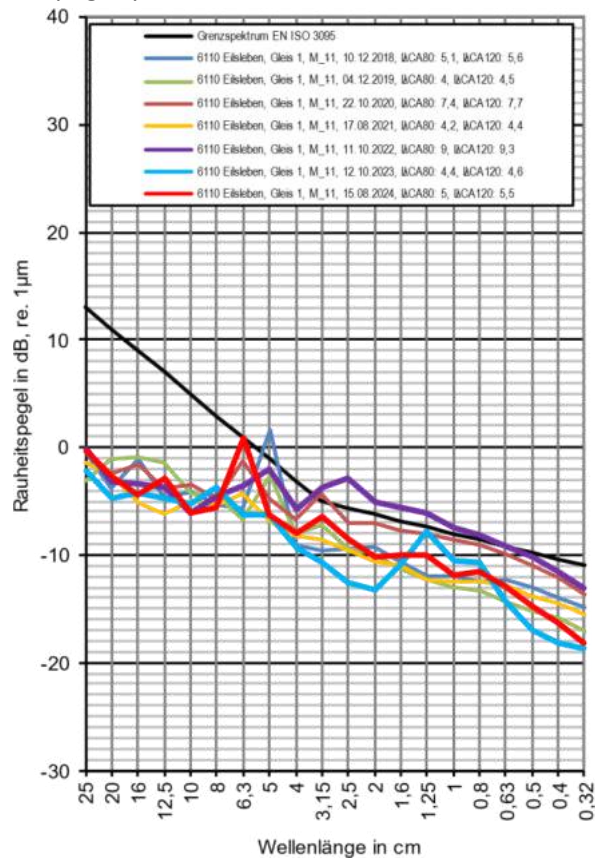
Messstelle Eilsleben

Strecke 6110, km 159,9

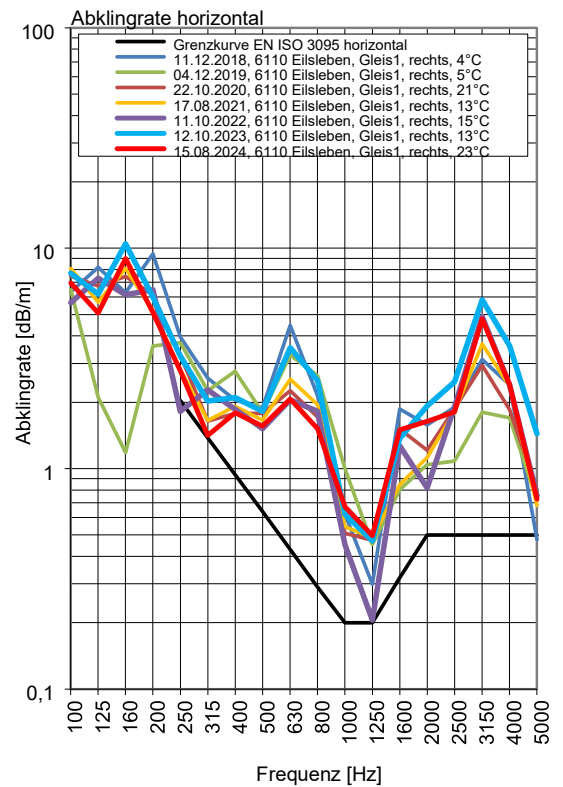
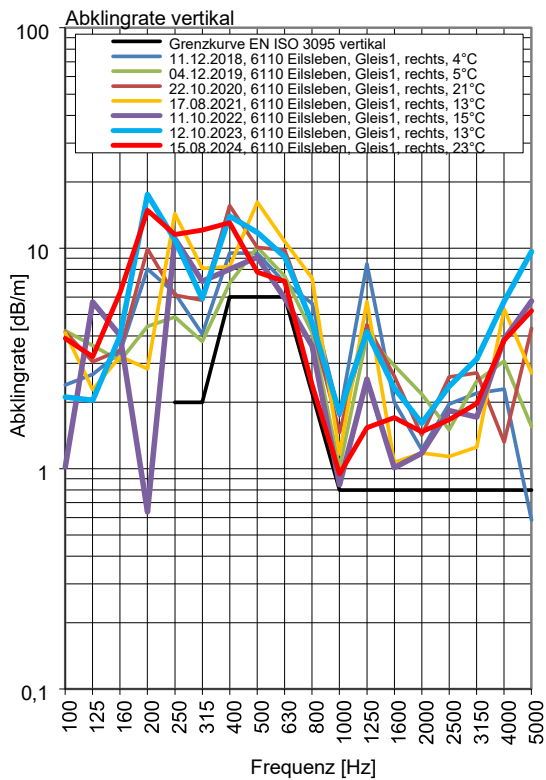
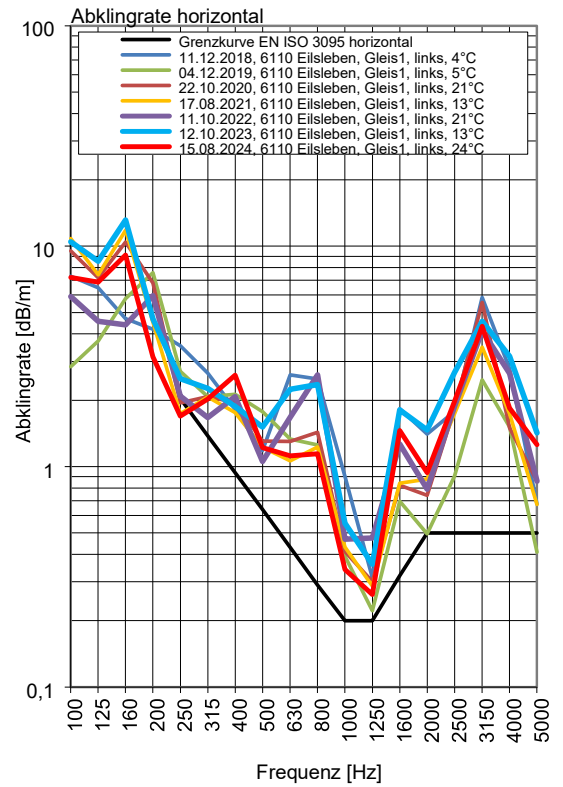
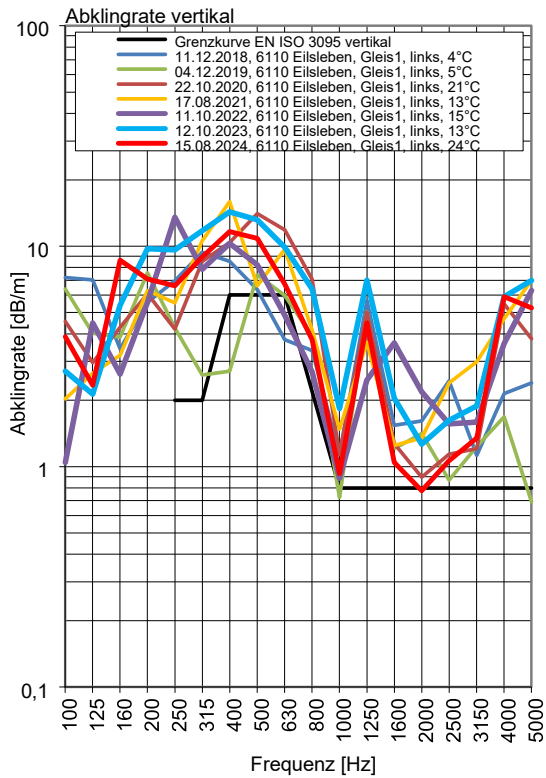
Gleis 1: Richtung Braunschweig

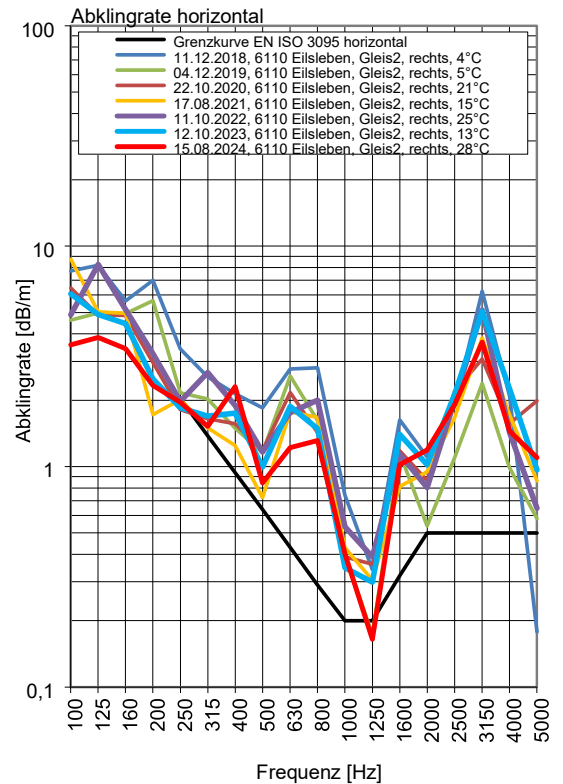
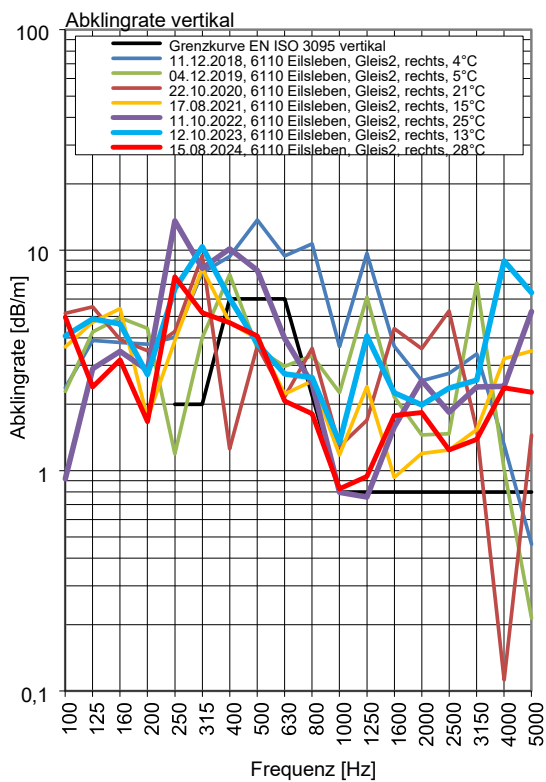
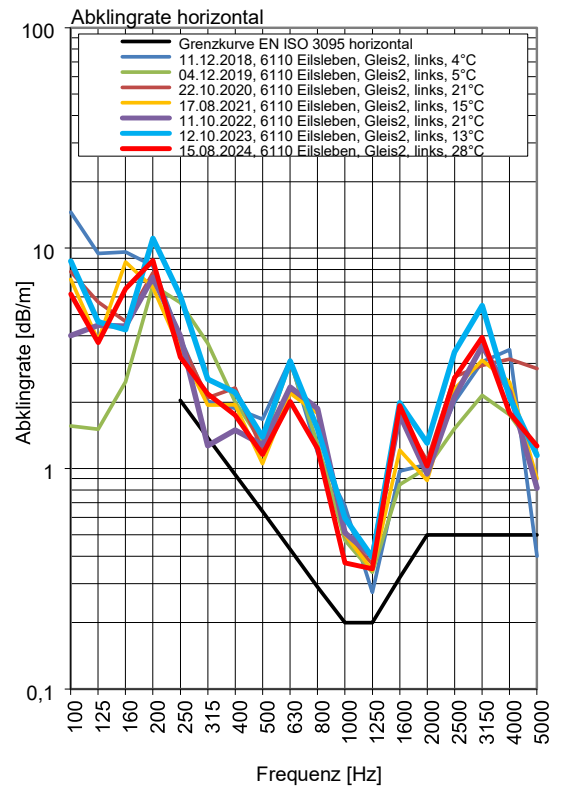
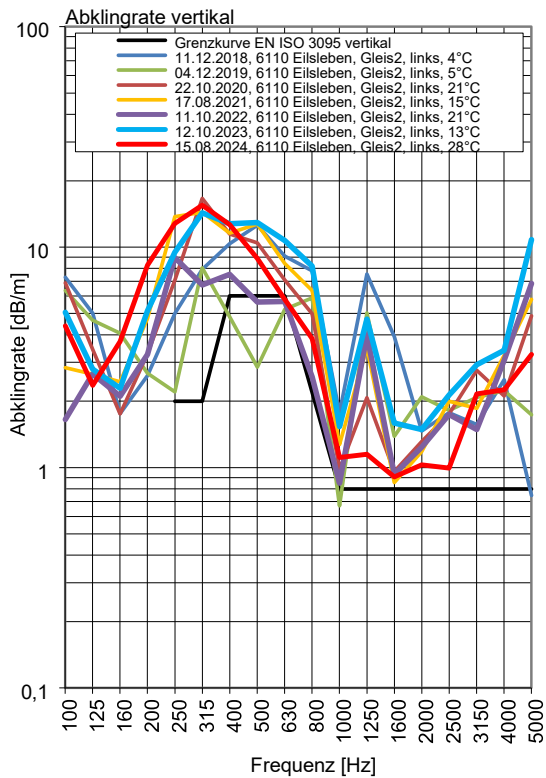
Gleis 2: Richtung Magdeburg

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





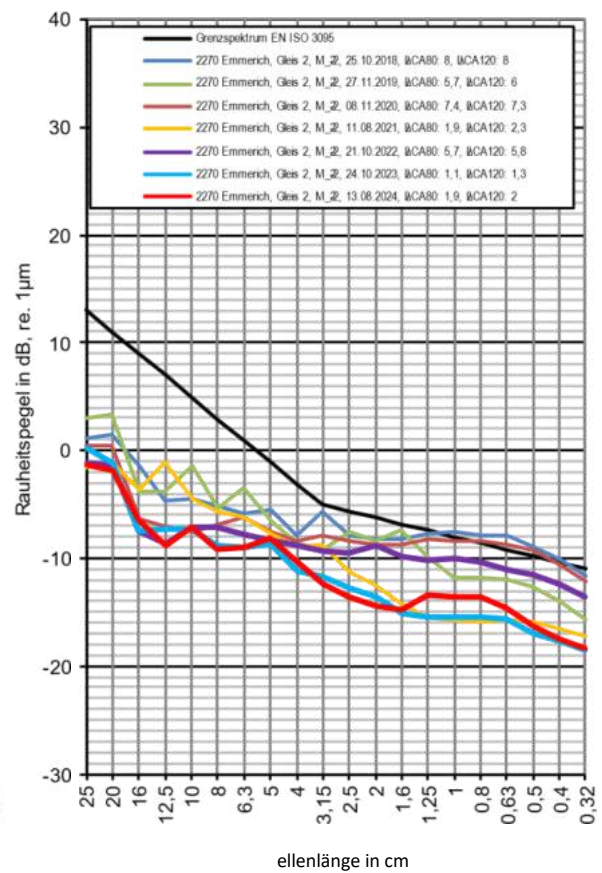
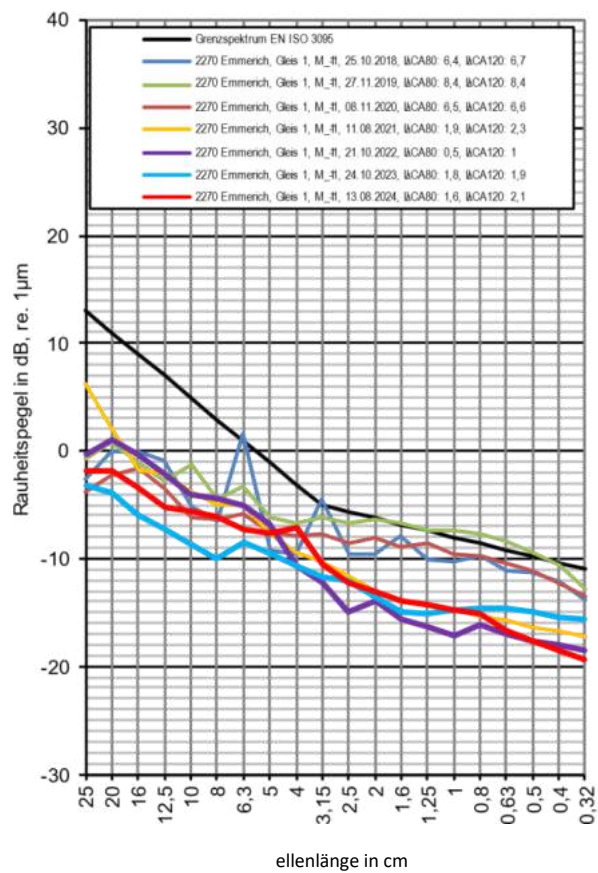
Messstelle Emmerich

Strecke 2270, km 45,9

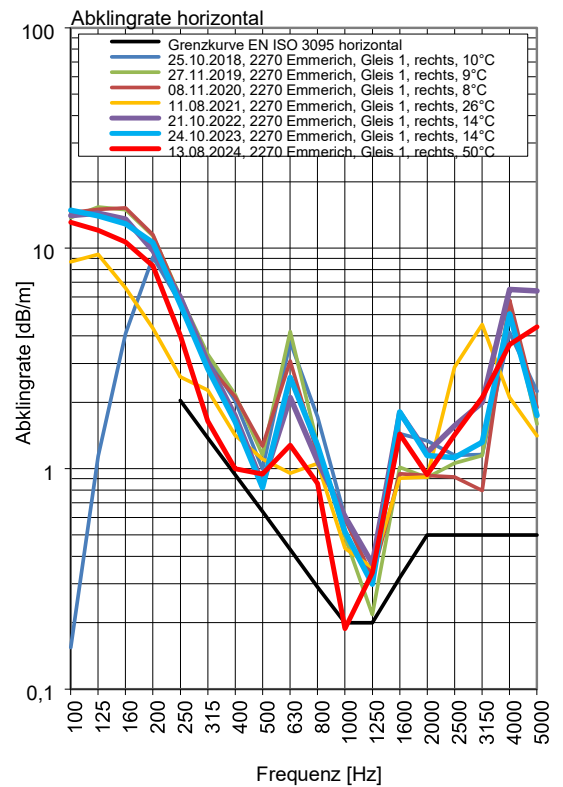
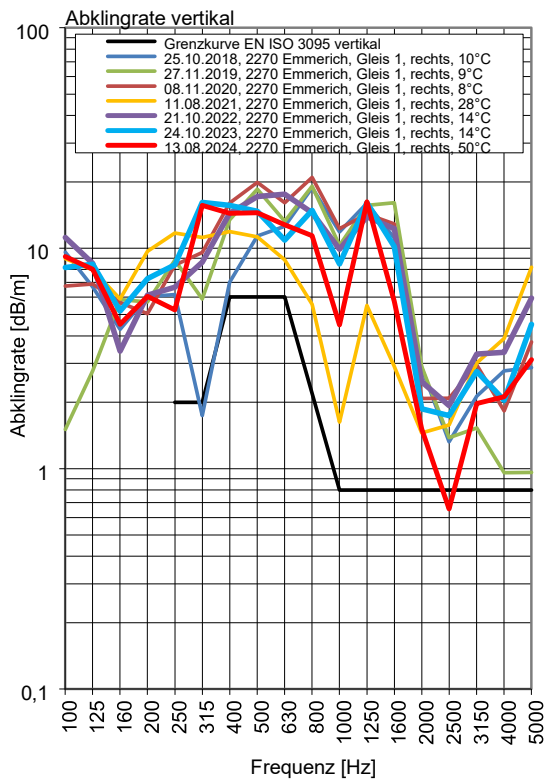
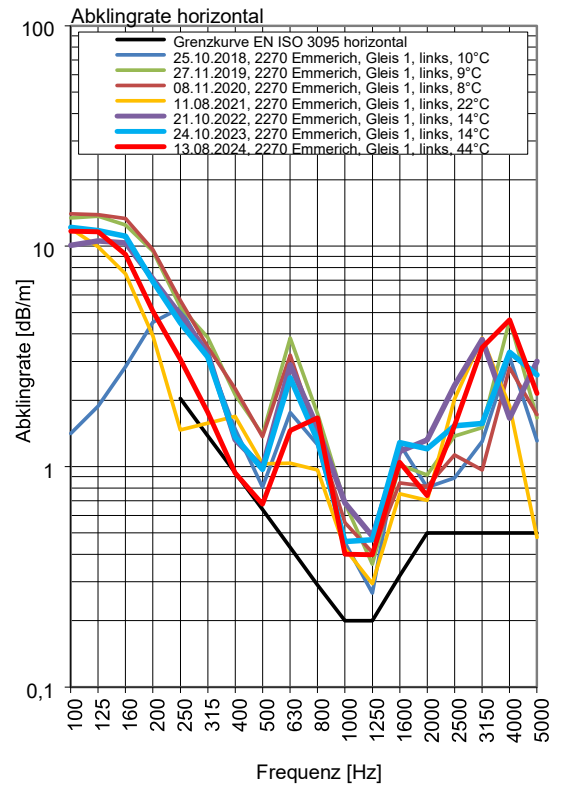
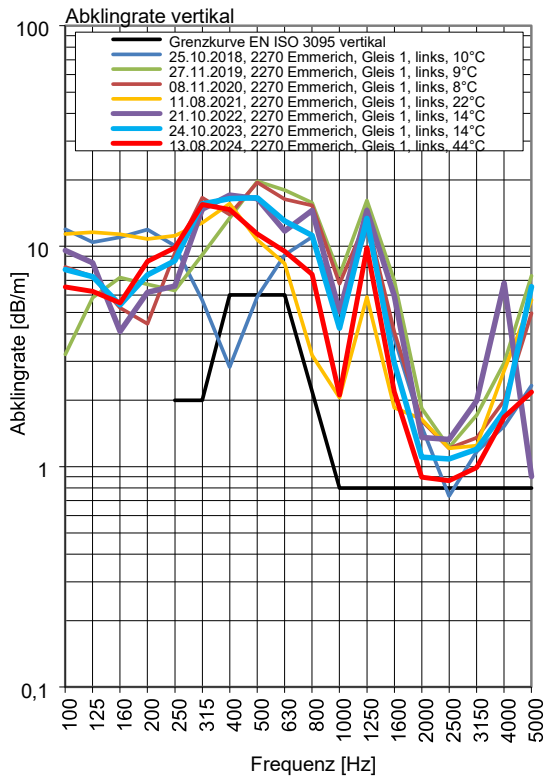
Gleis 1: Richtung Oberhausen

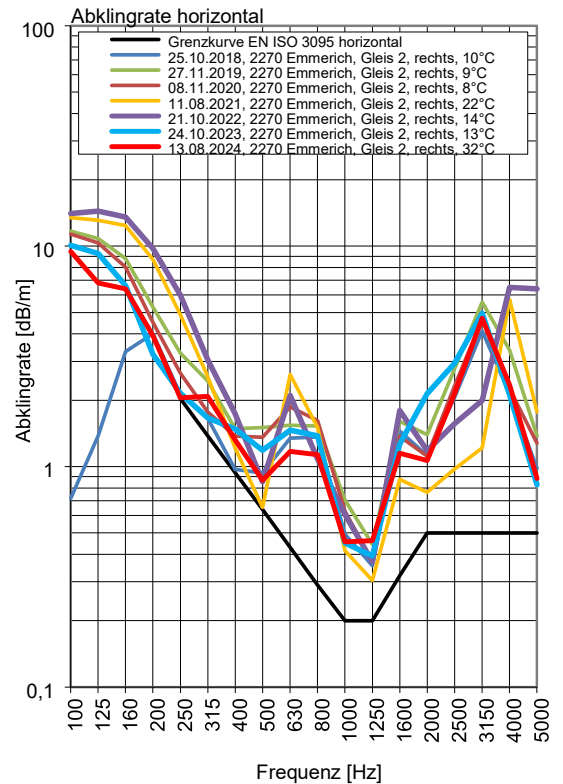
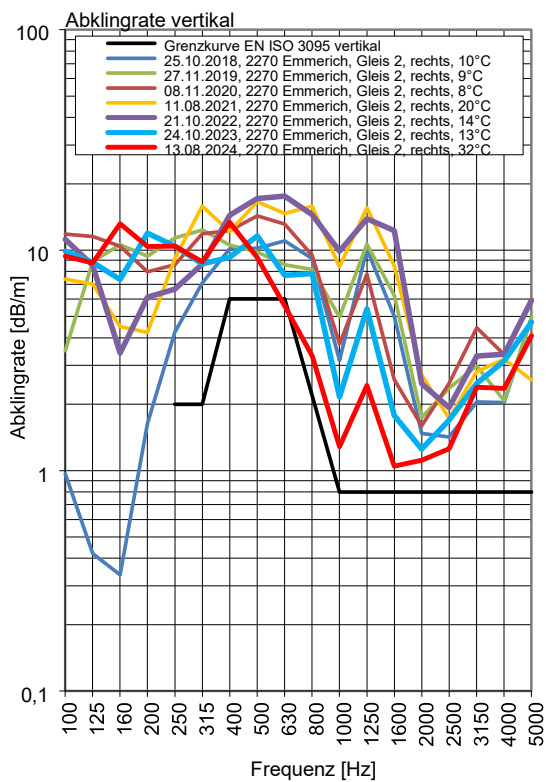
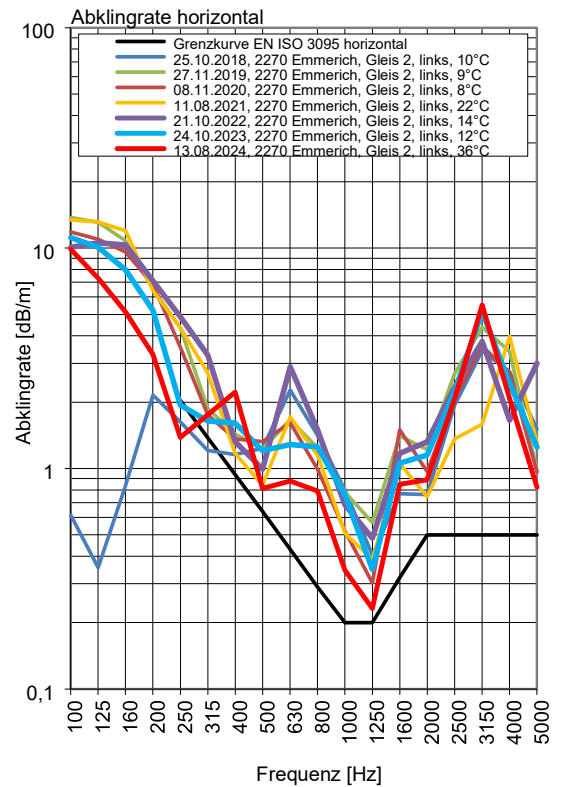
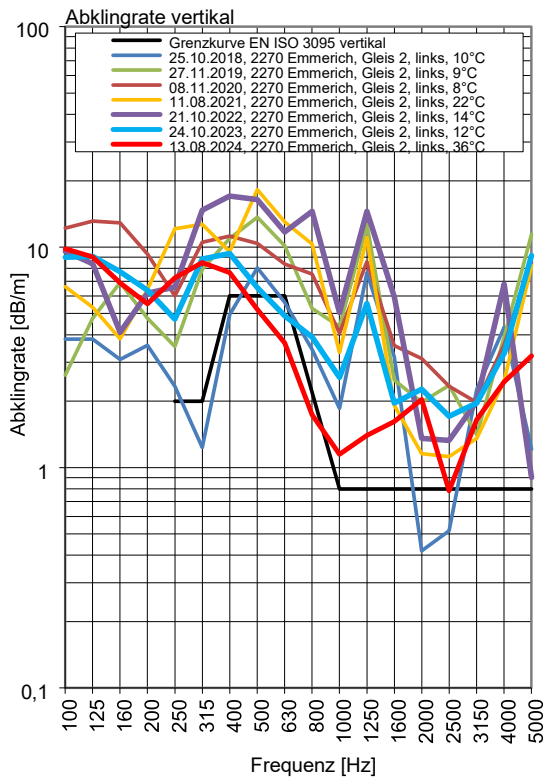
Gleis 2: Richtung Emmerich

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





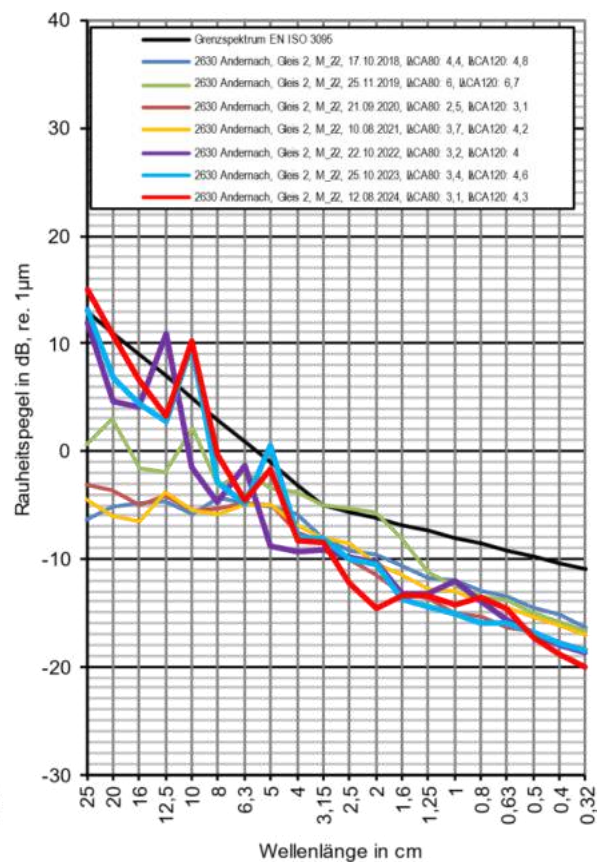
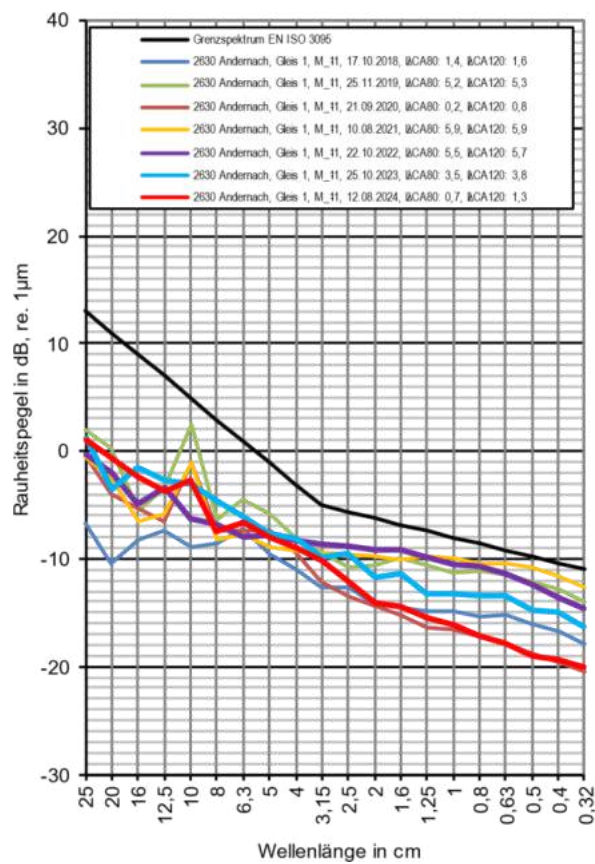
Messstelle Andernach

Strecke 2630, km 68,8

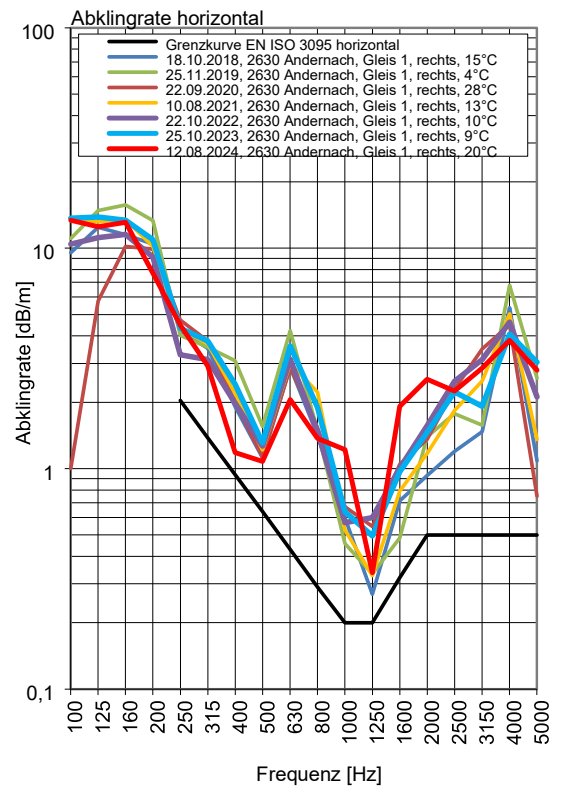
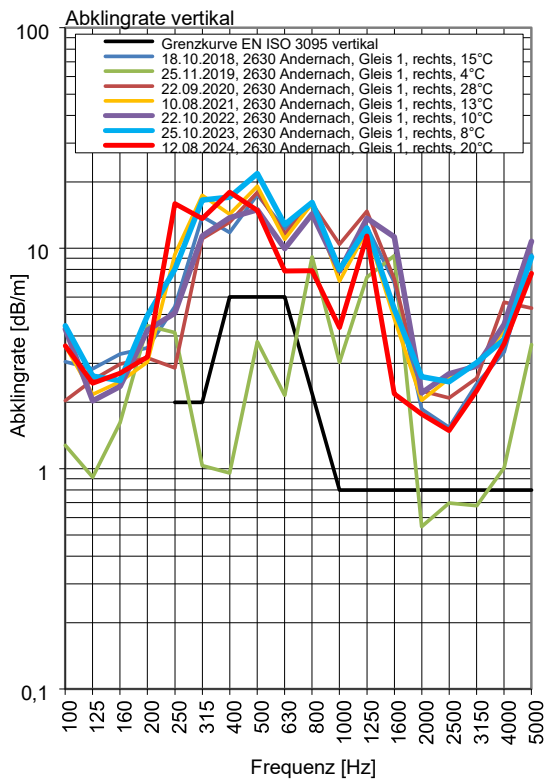
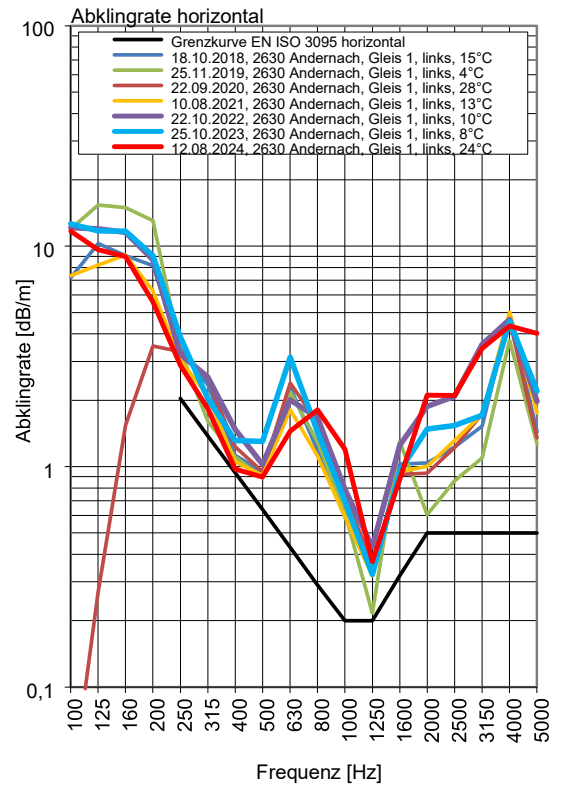
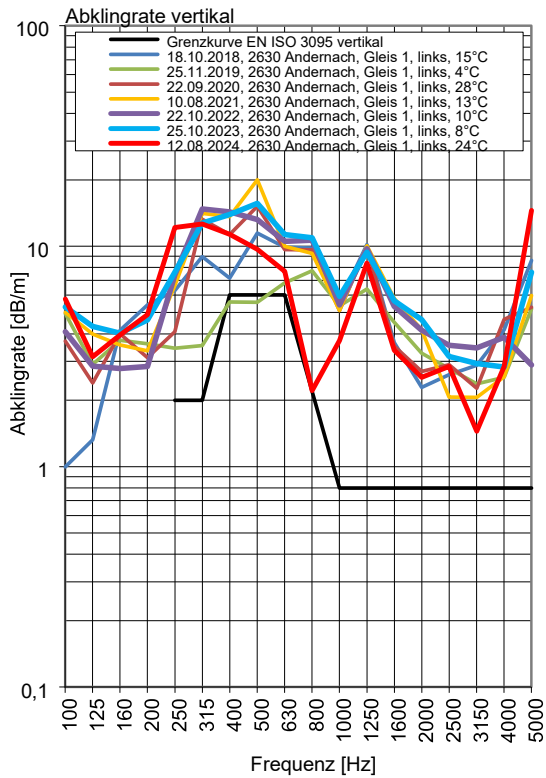
Gleis 1: Richtung Köln

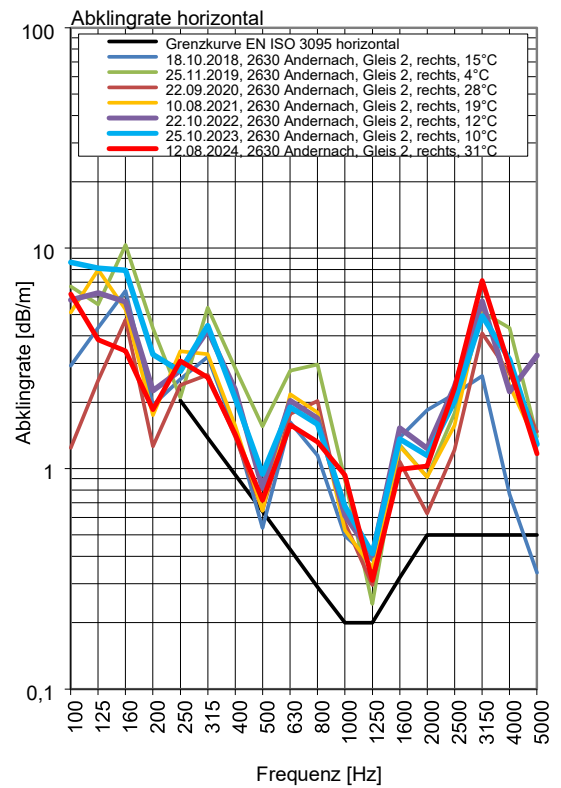
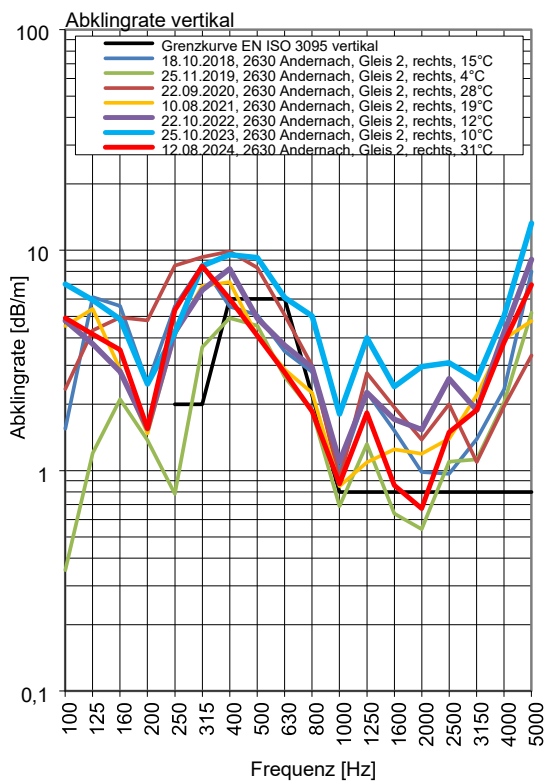
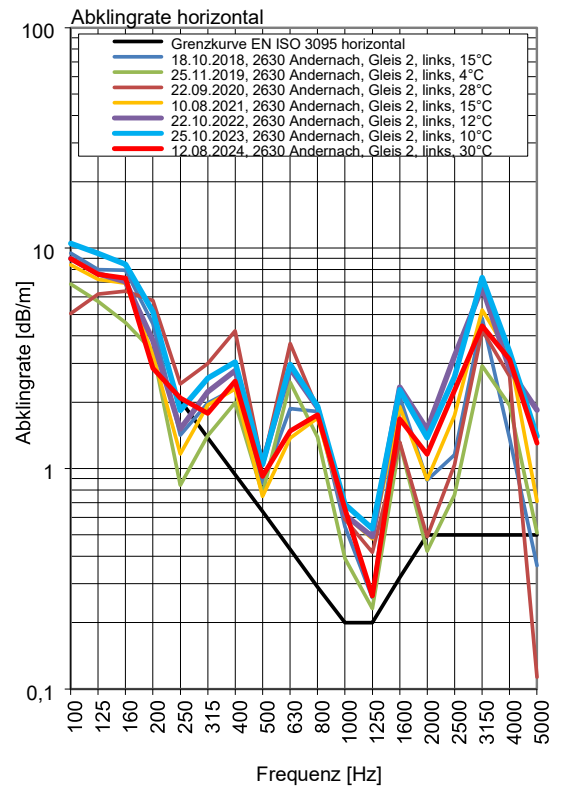
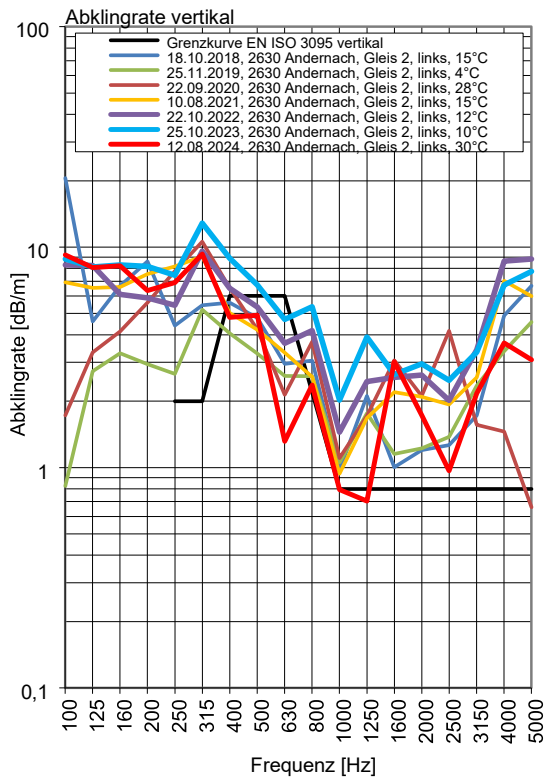
Gleis 2: Richtung Bingen

Terzpegelspektrum der Schienenrauhheit



Gleisabklingrate





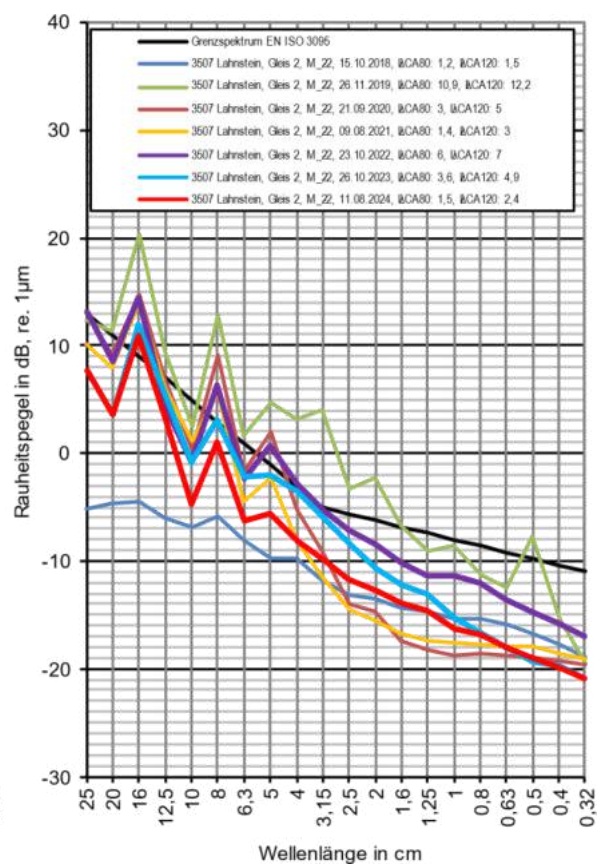
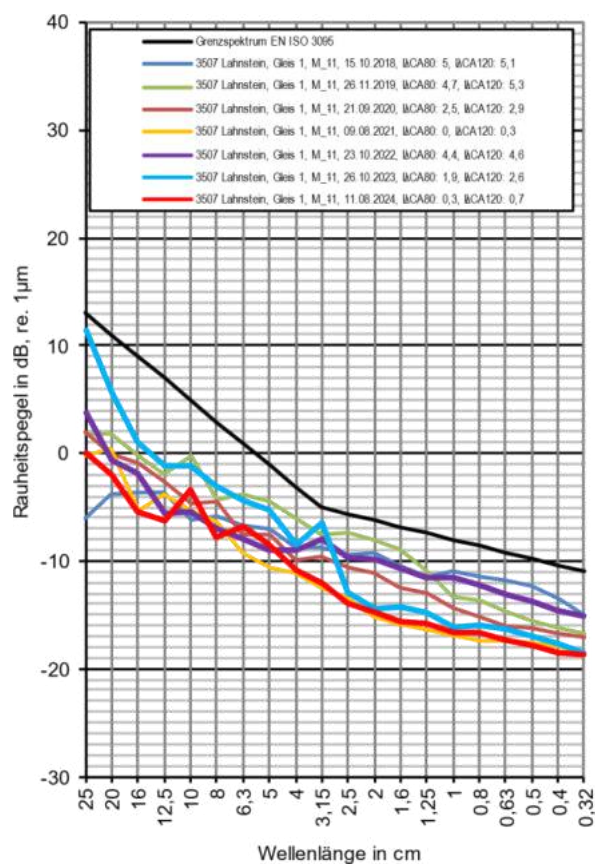
Messstelle Lahnstein

Strecke 3507, km 99,0

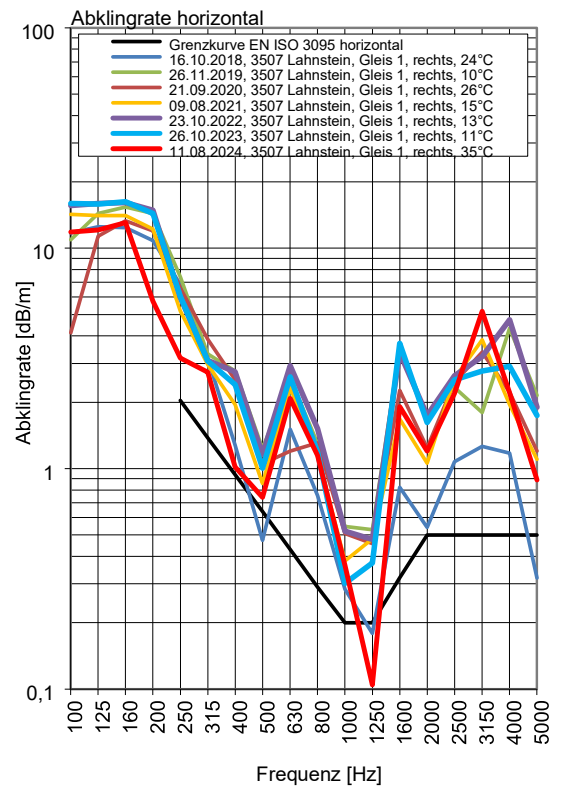
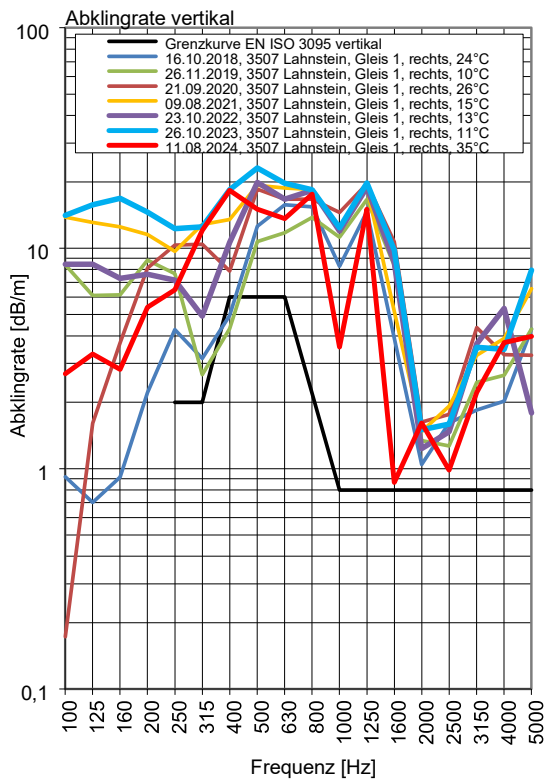
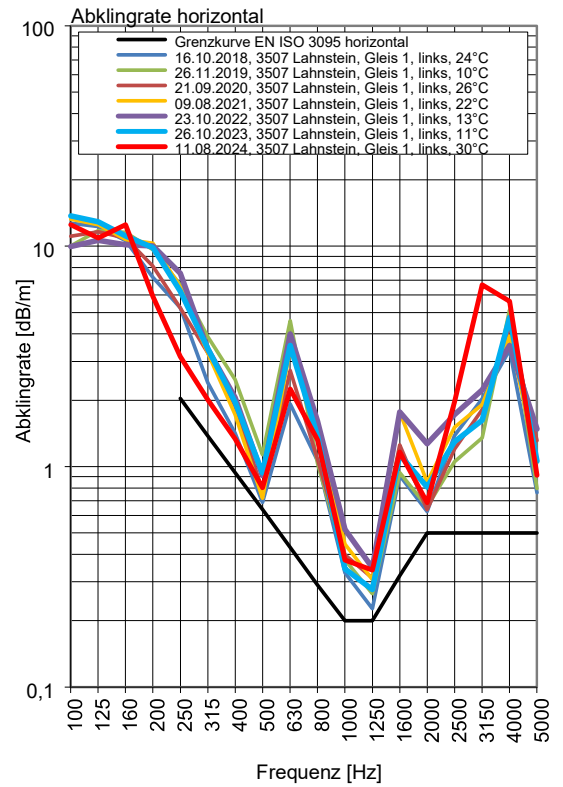
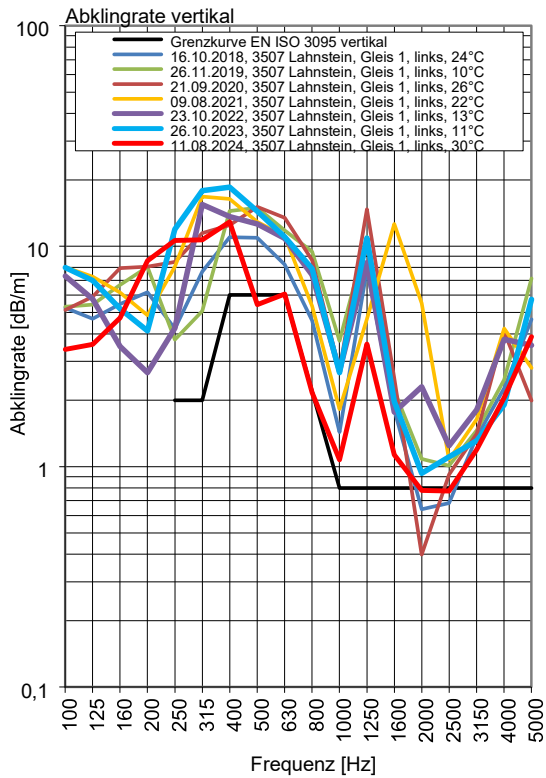
Gleis 1: Richtung Wiesbaden

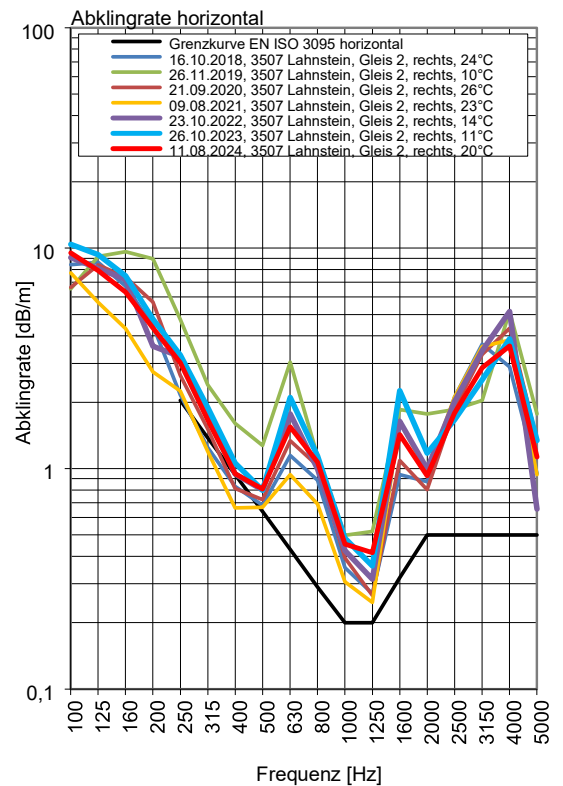
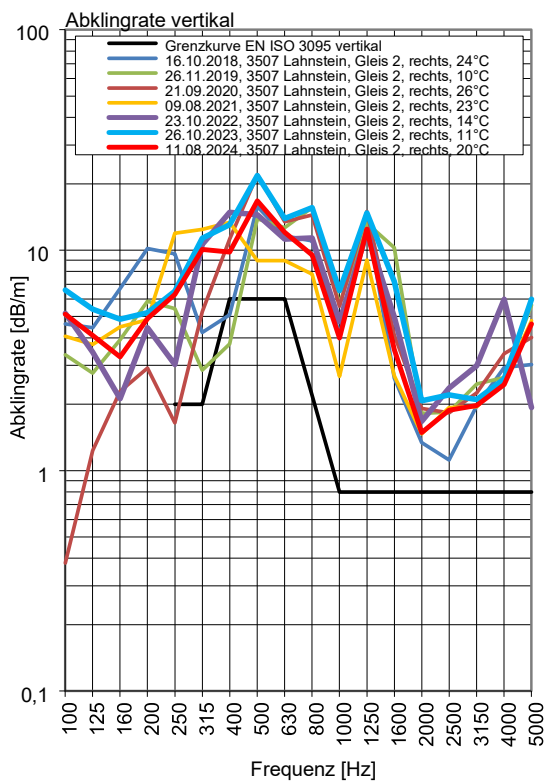
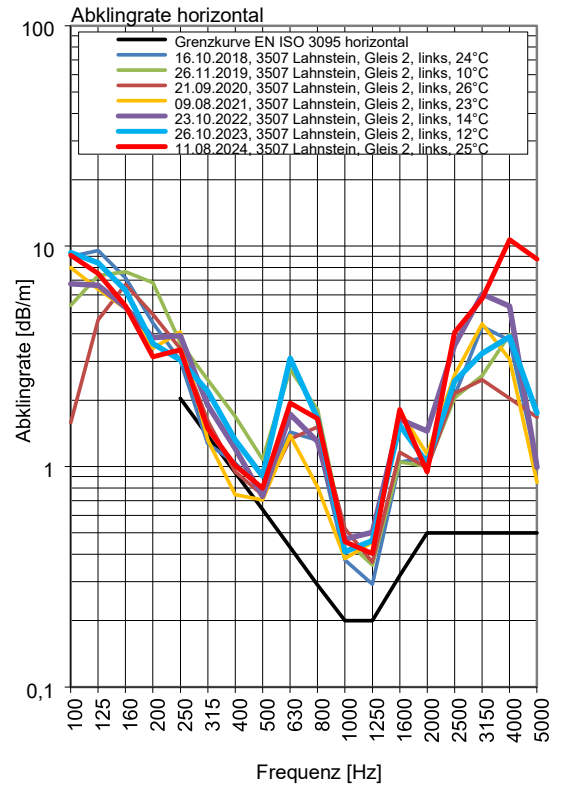
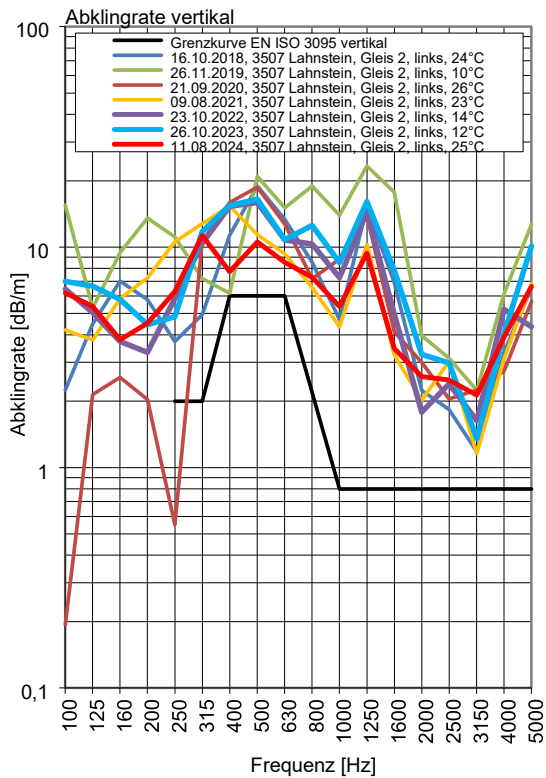
Gleis 2: Richtung Koblenz

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





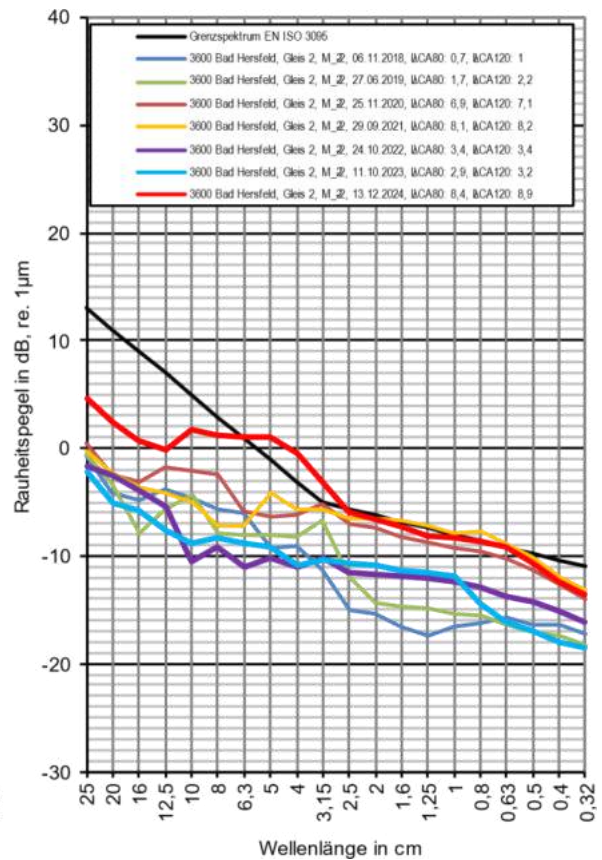
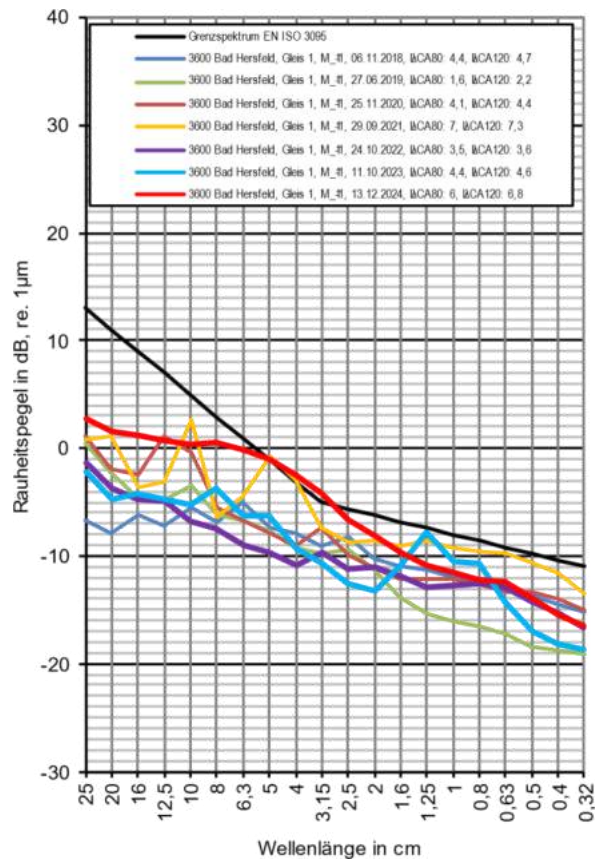
Messstelle Bad Hersfeld

Strecke 3600, km 158,4

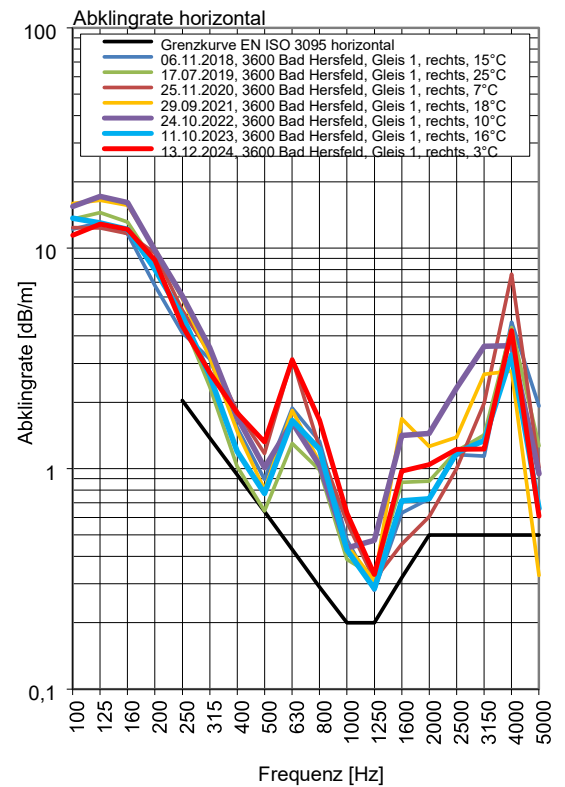
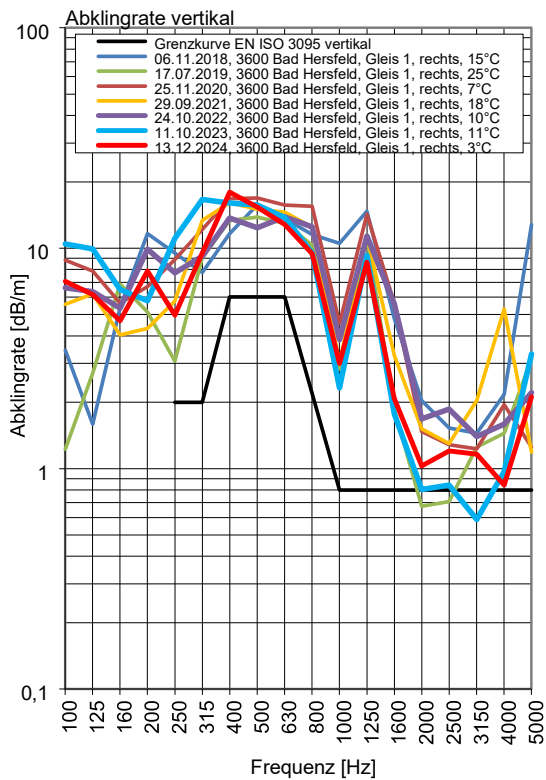
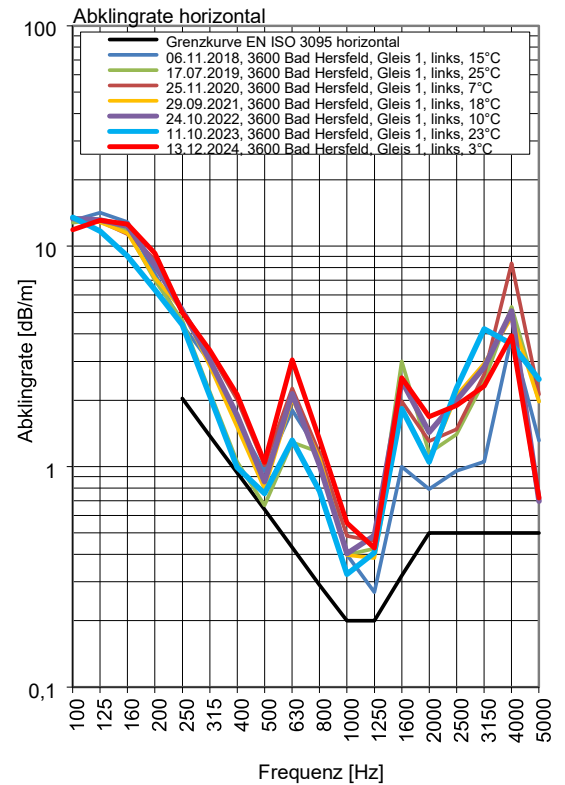
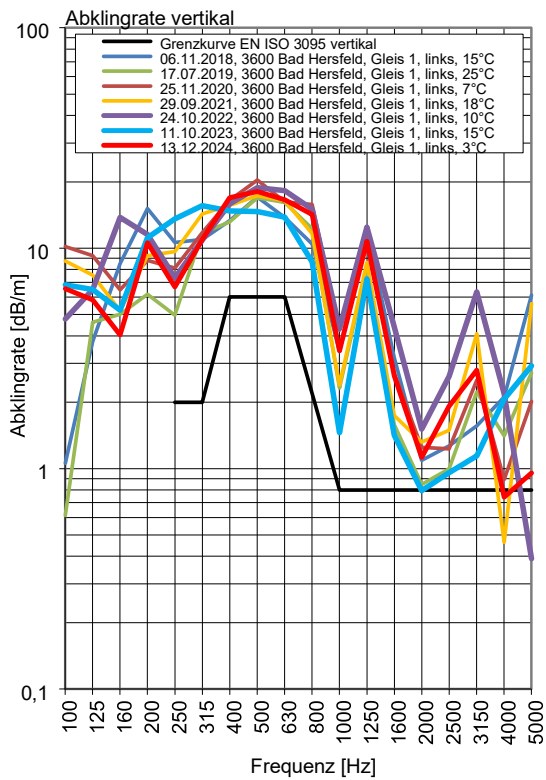
Gleis 1: Richtung Bebra

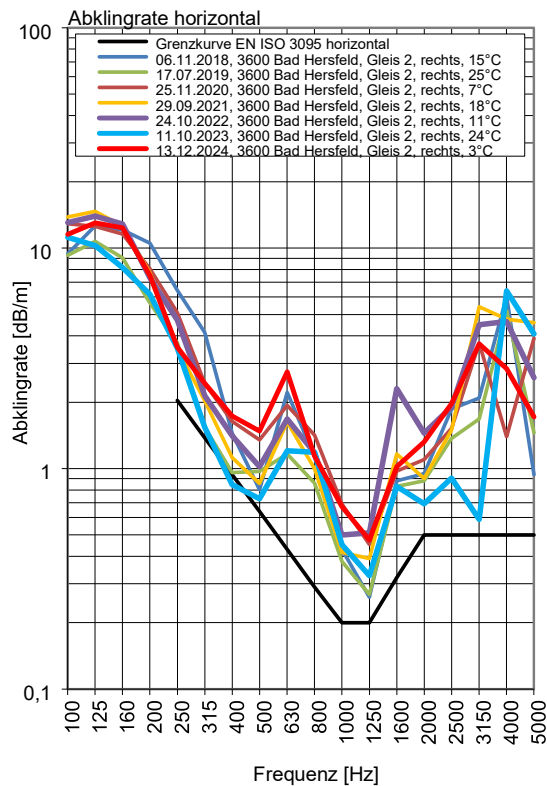
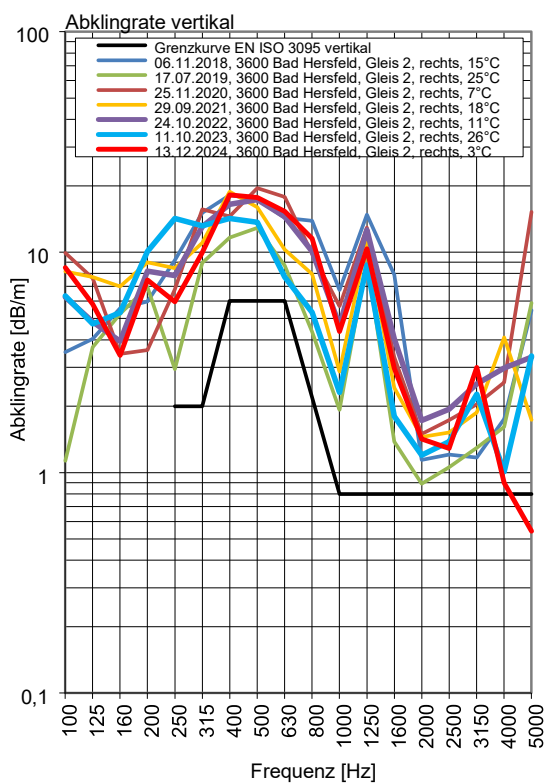
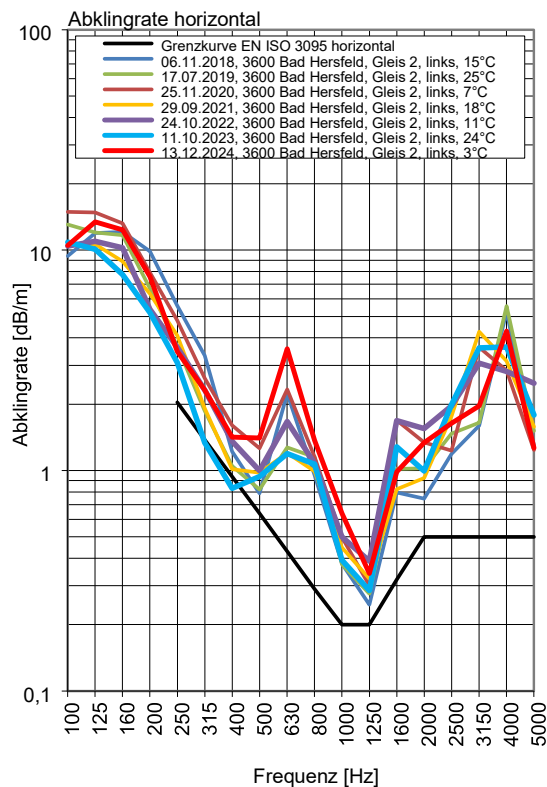
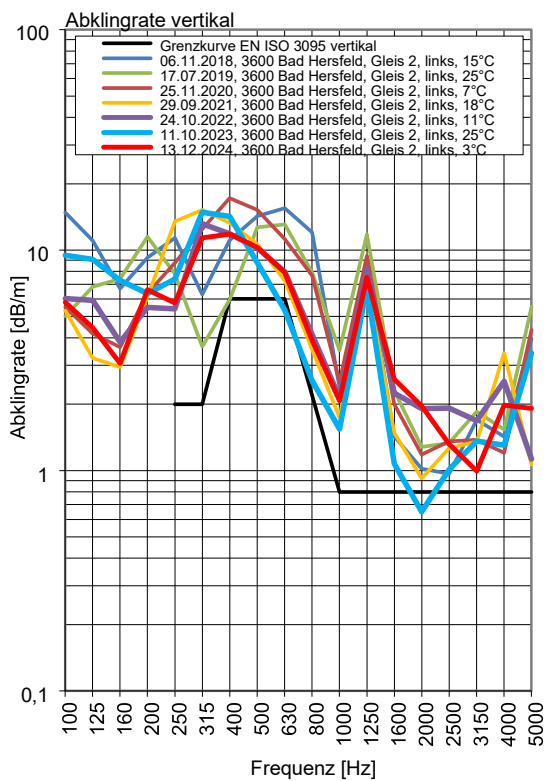
Gleis 2: Richtung Fulda

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





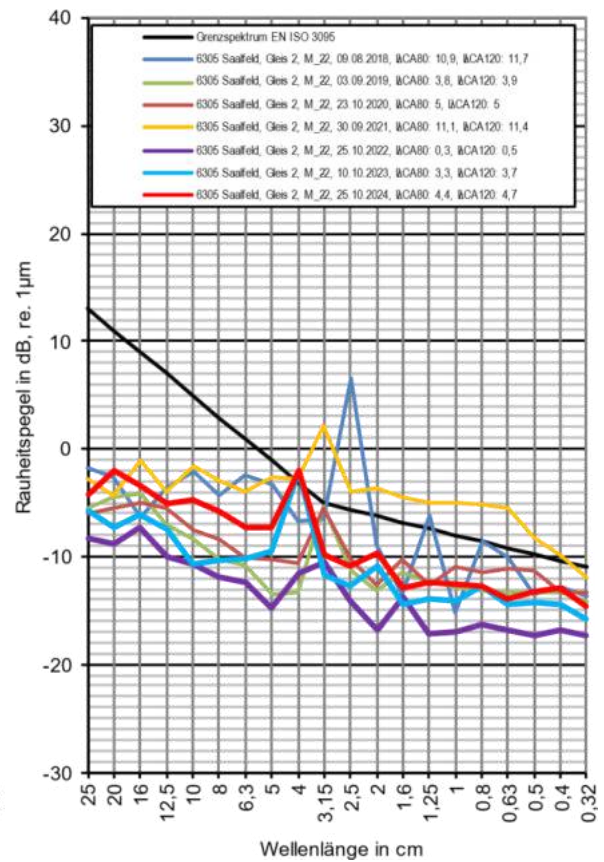
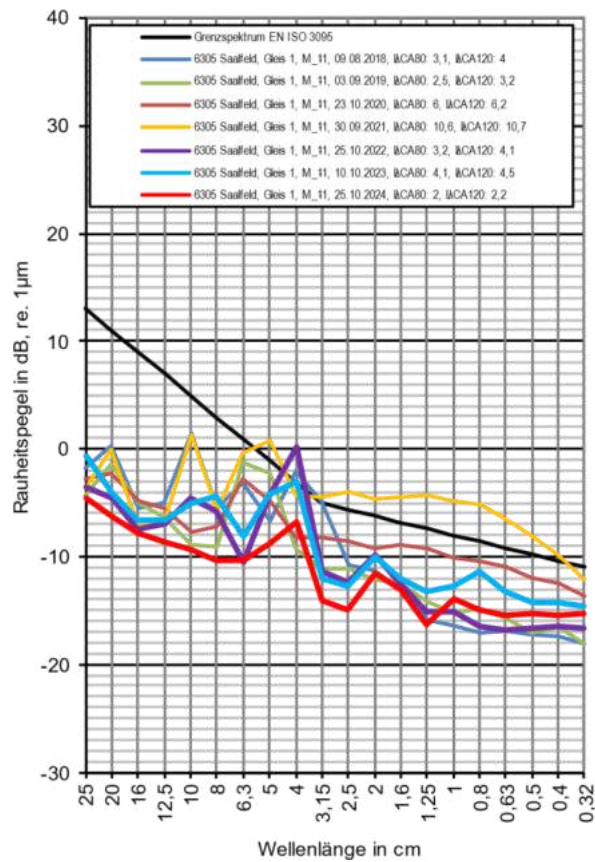
Messstelle Saalfeld

Strecke 6305, km 57,2

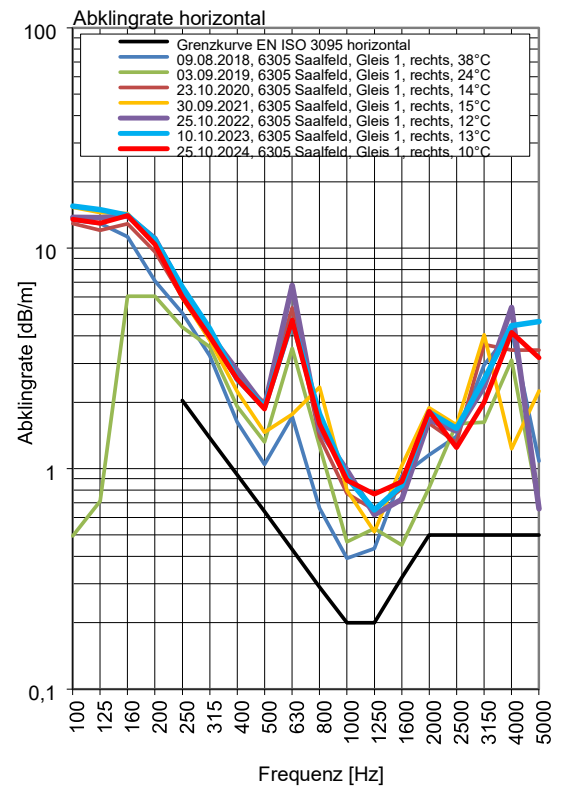
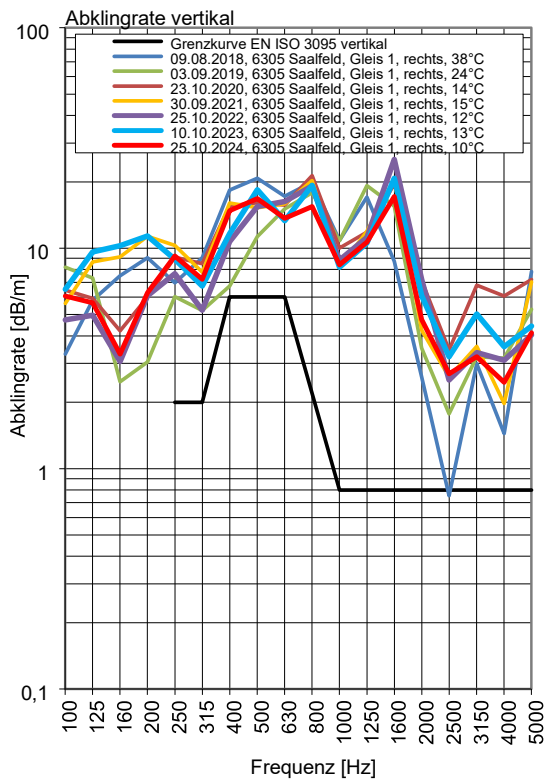
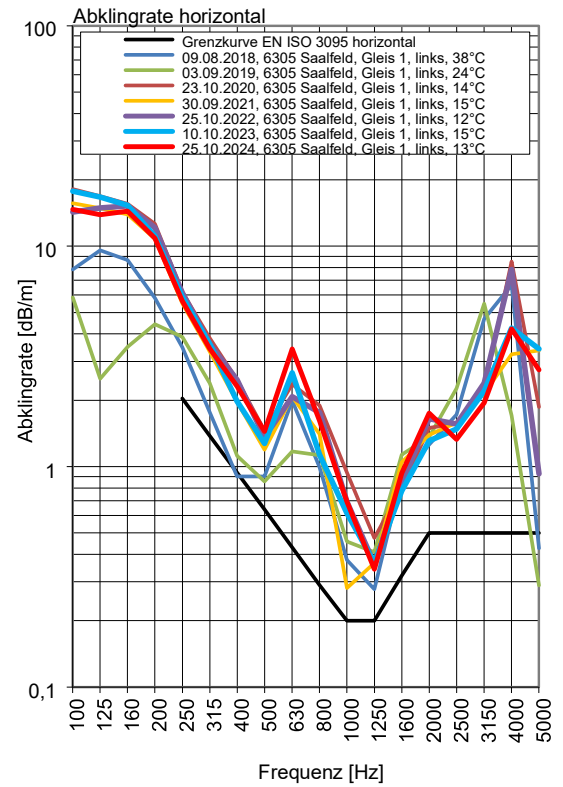
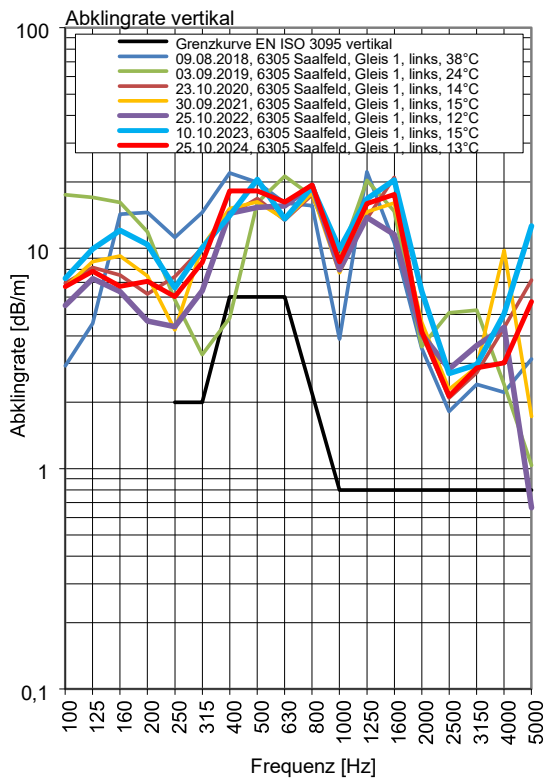
Gleis 1: Richtung Großheringen

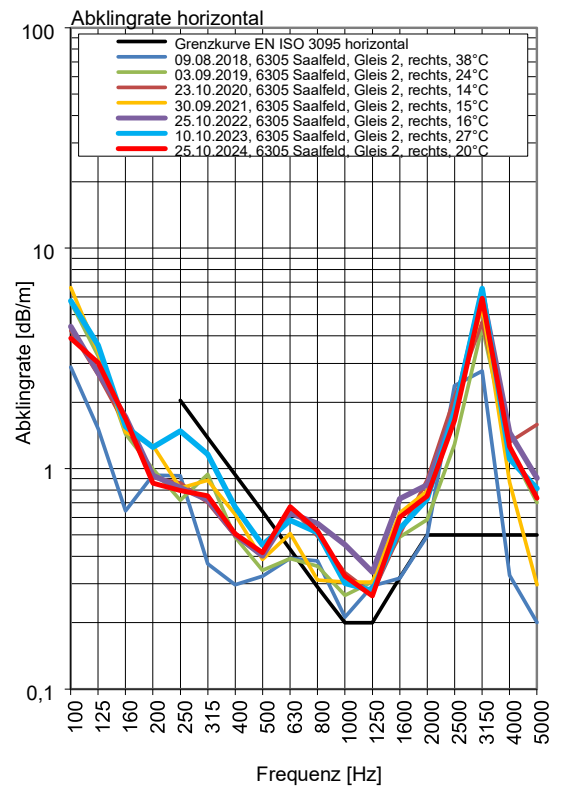
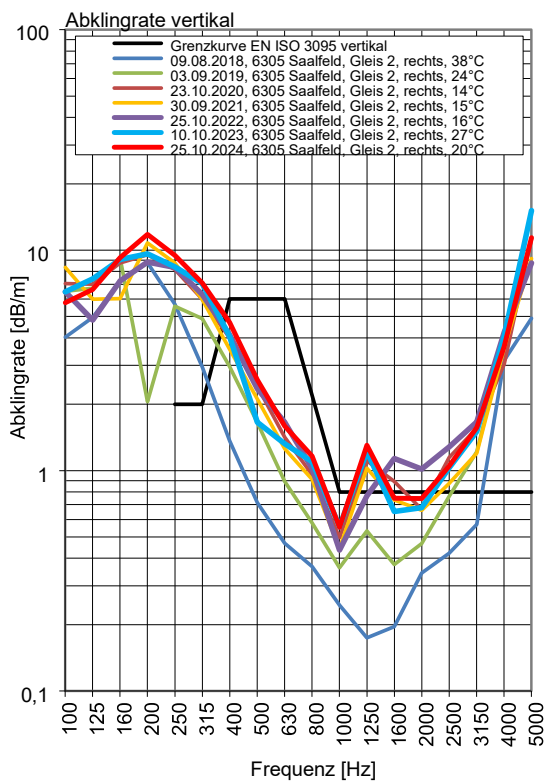
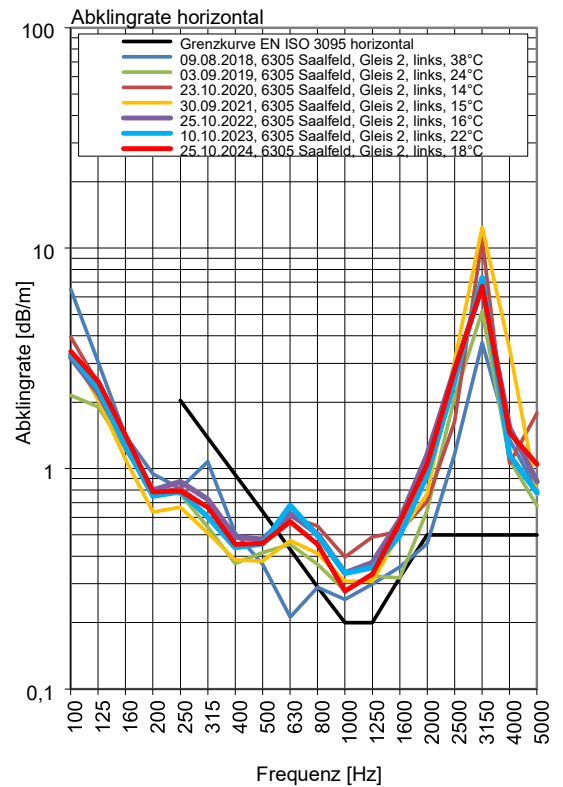
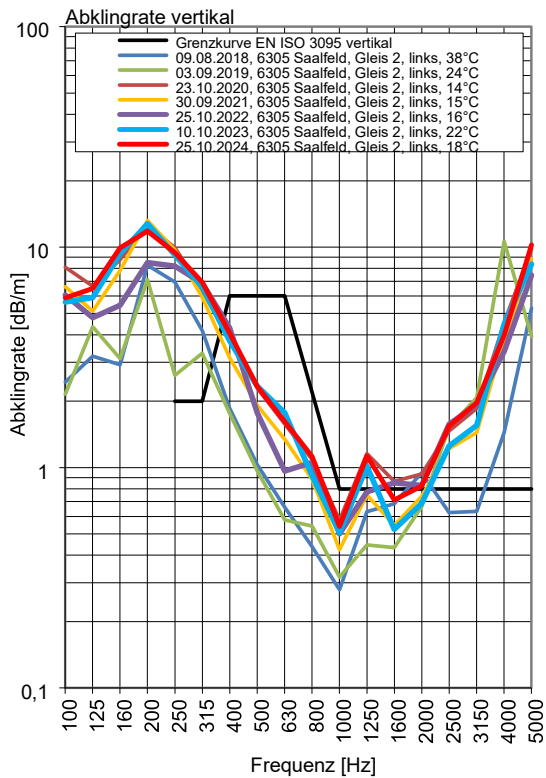
Gleis 2: Richtung Saalfeld

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





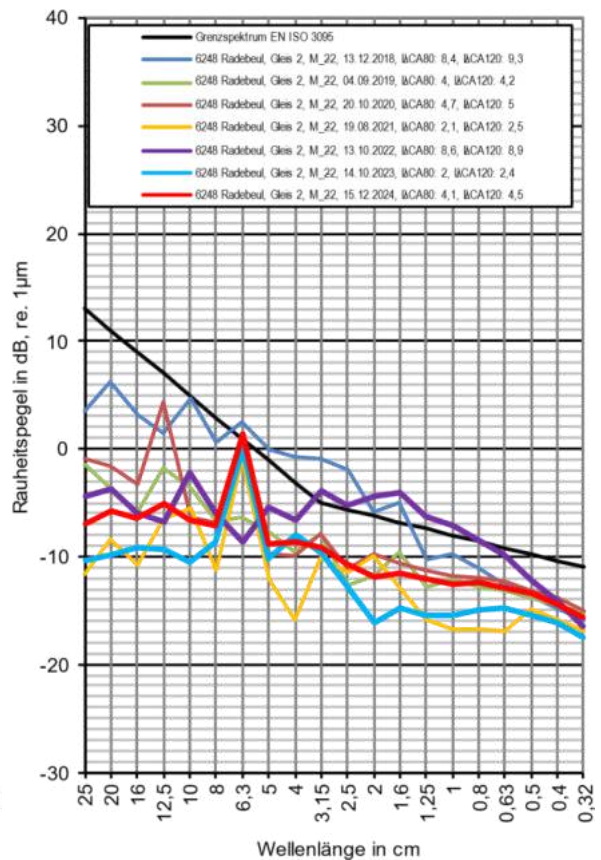
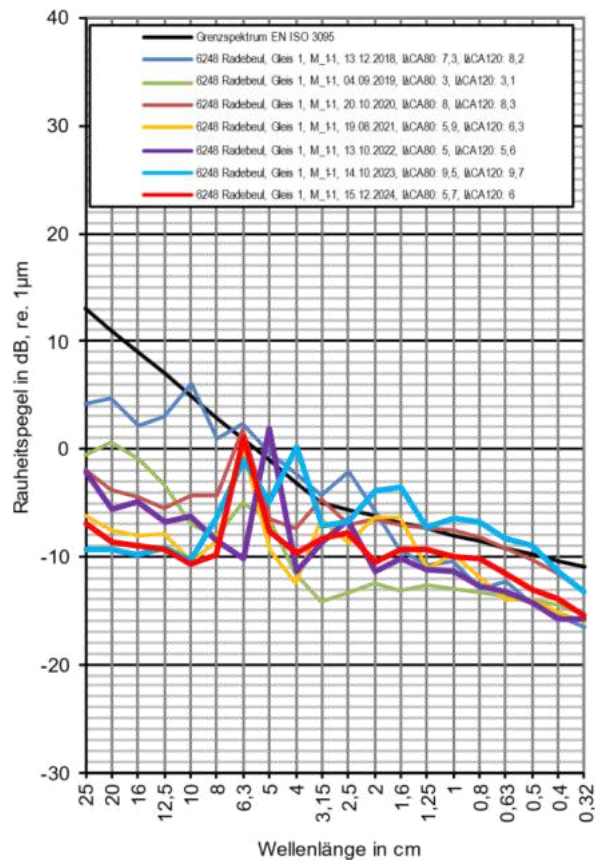
Messstelle Radebeul

Strecke 6248, km 18,8

Gleis 1: Richtung Berlin

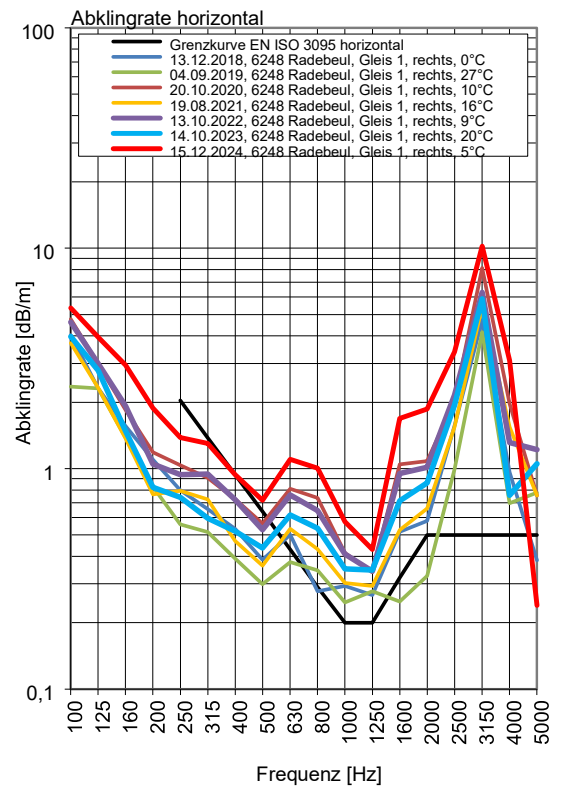
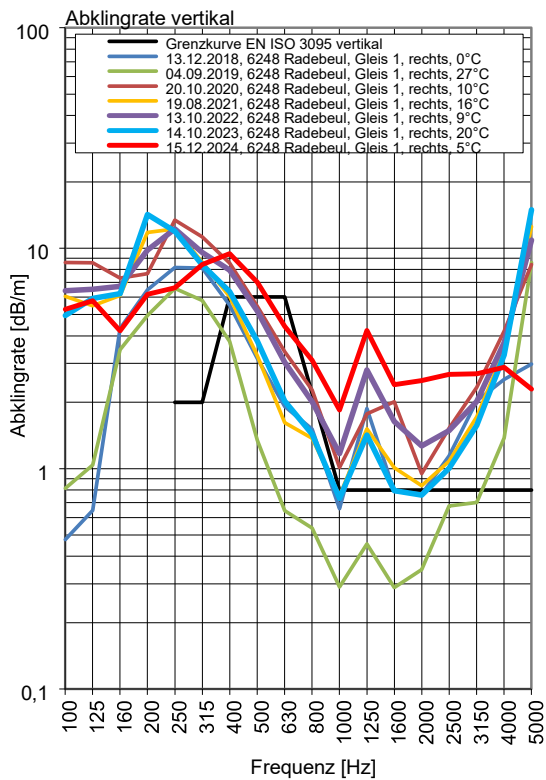
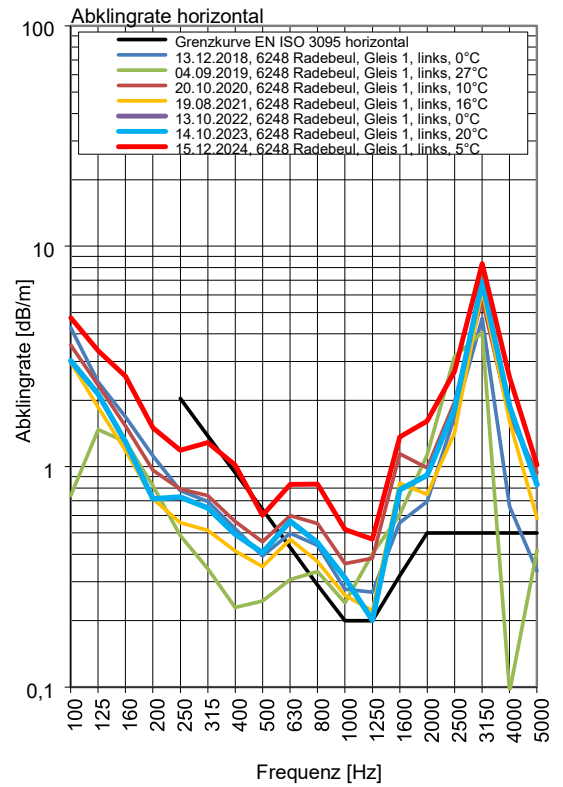
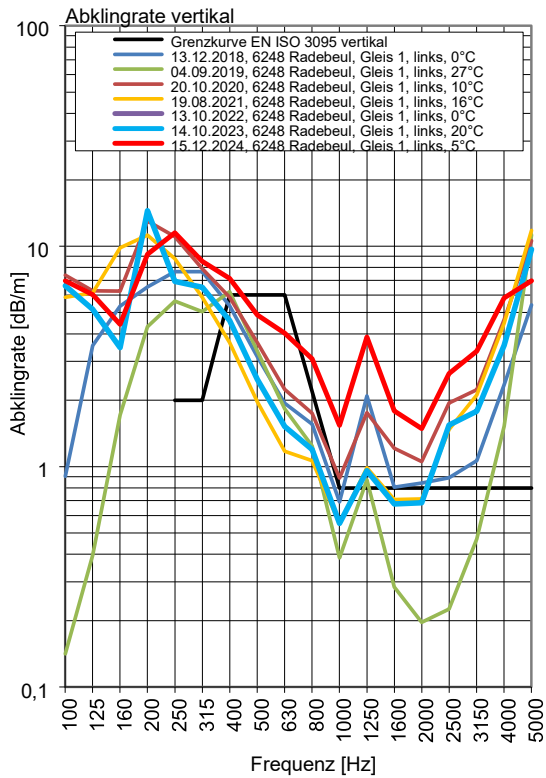
Gleis 2: Richtung Dresden

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit

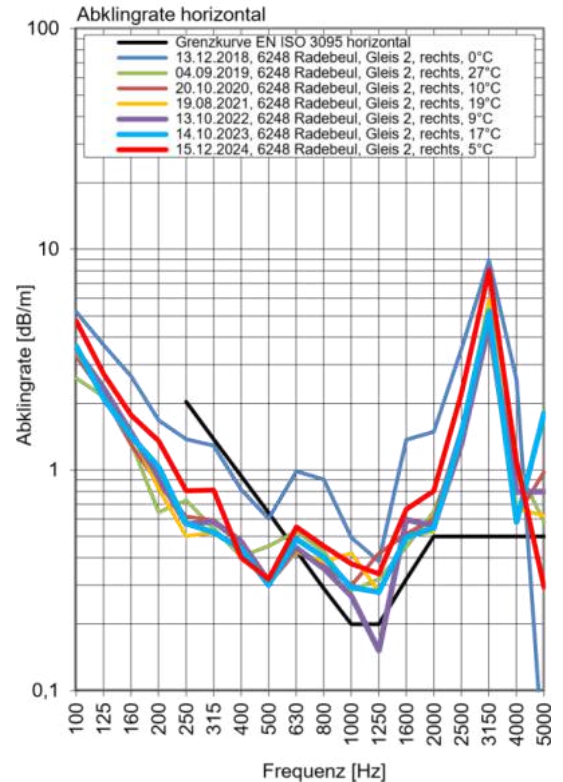
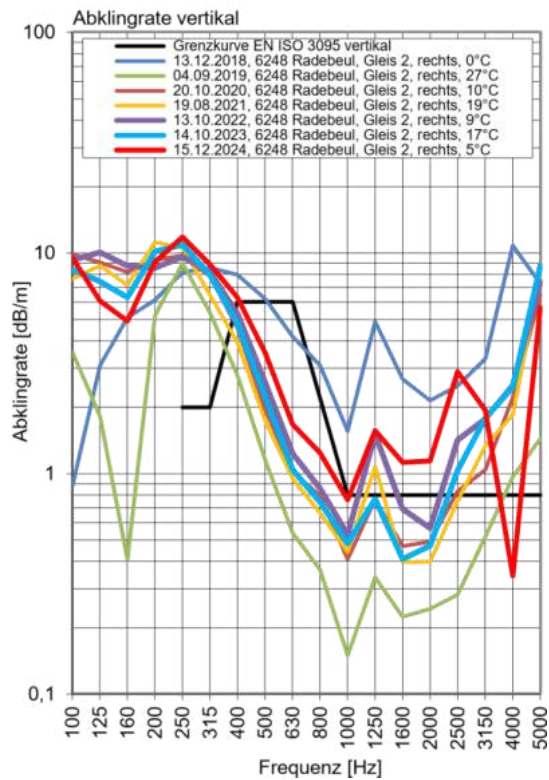
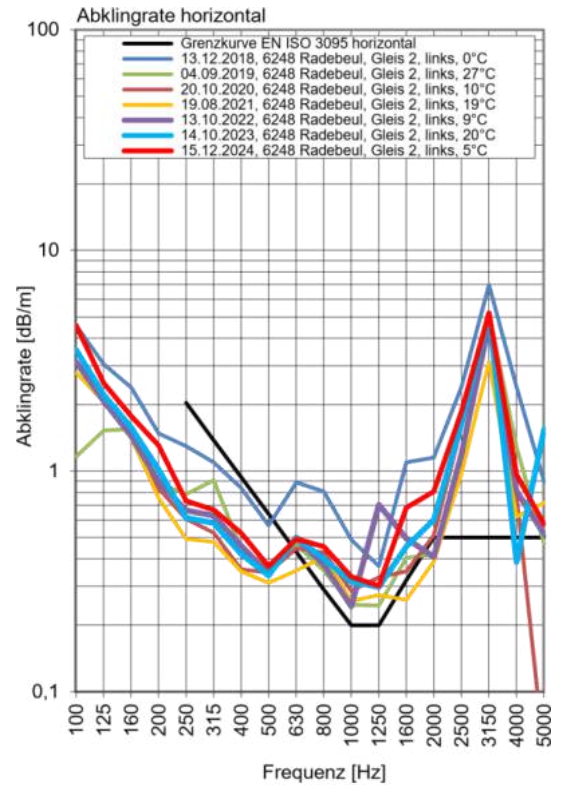
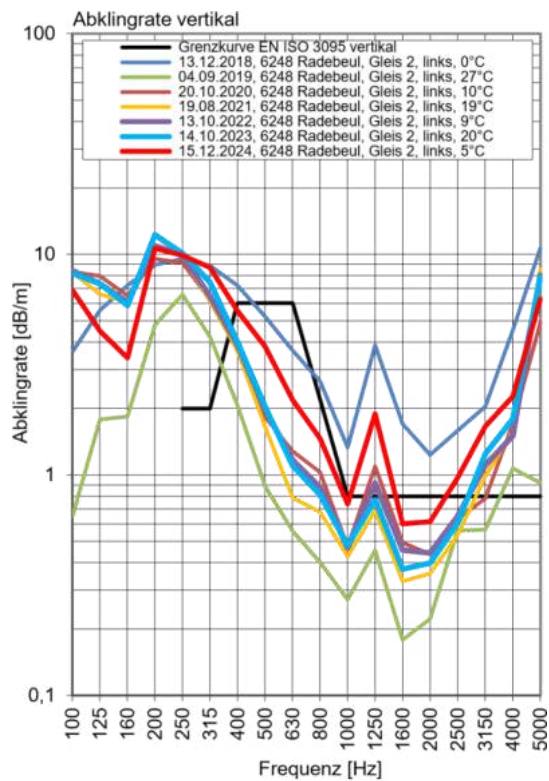


18.02.2025

Gleisabklingrate



18.02.2025



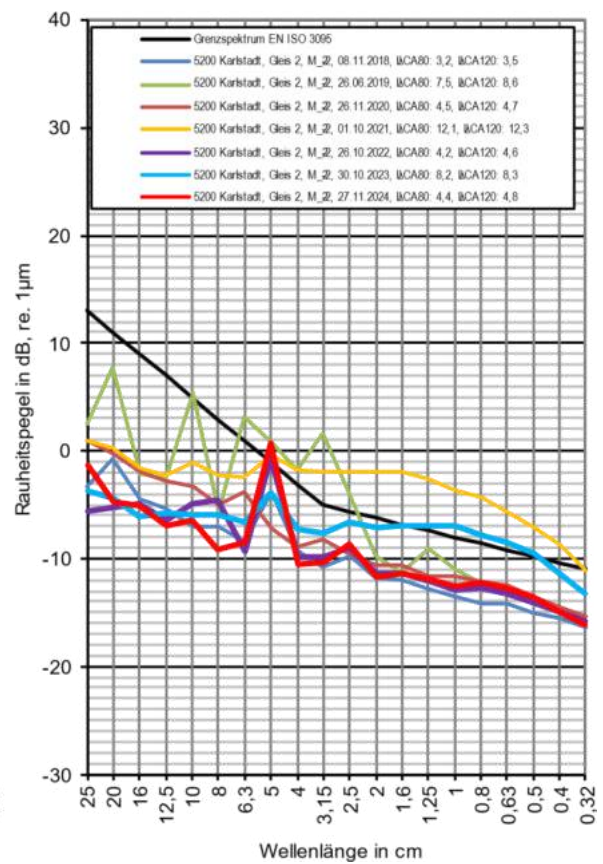
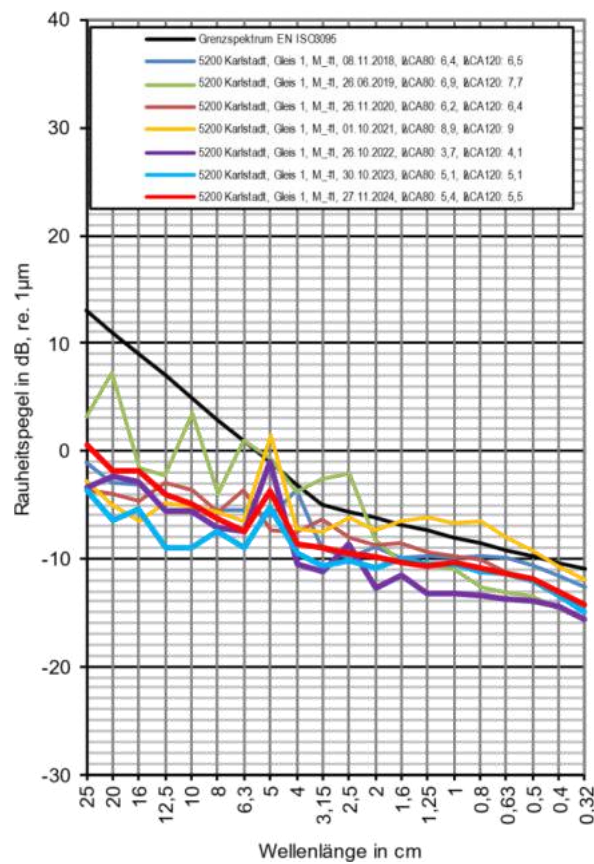
Messstelle Karlstadt

Strecke 5200, km 18,2

Gleis 1: Richtung Aschaffenburg

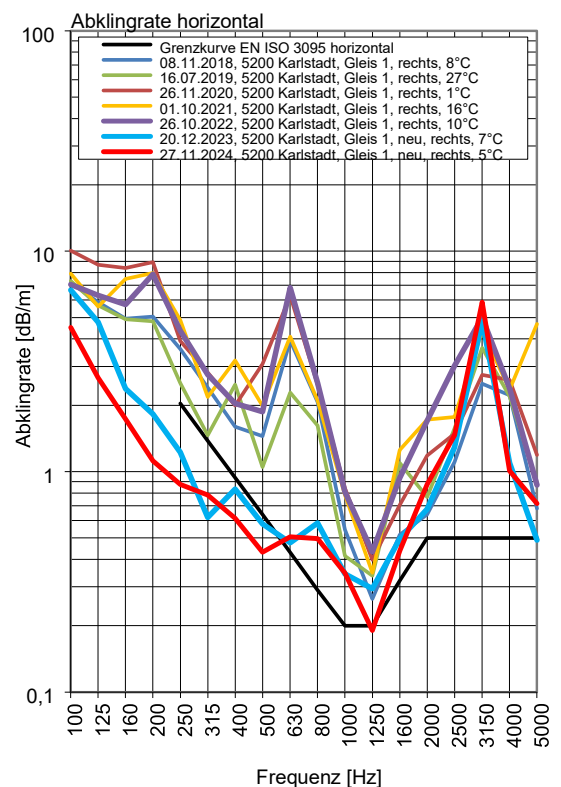
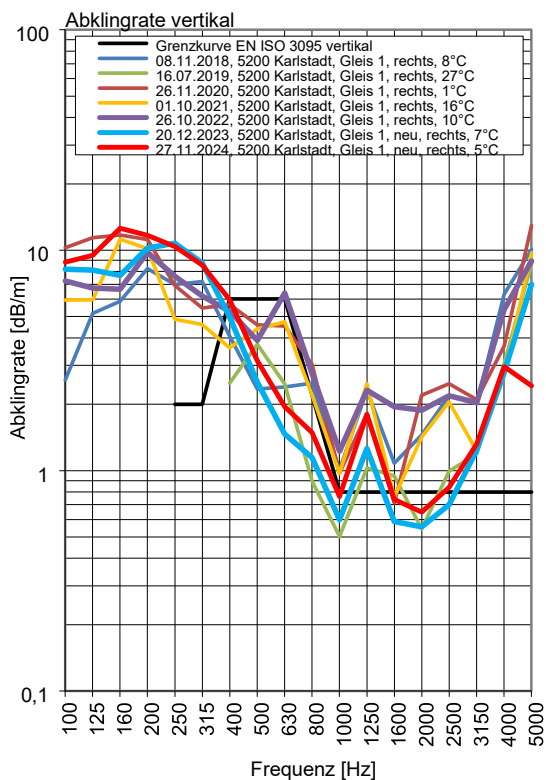
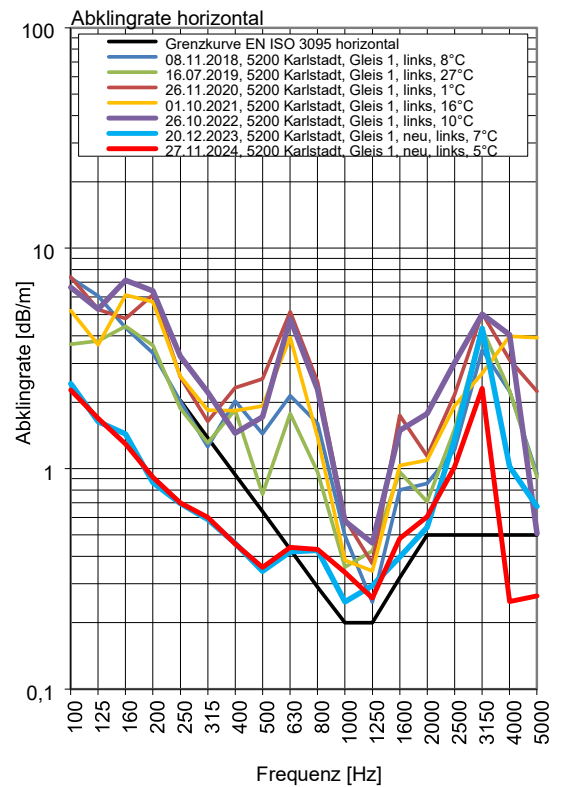
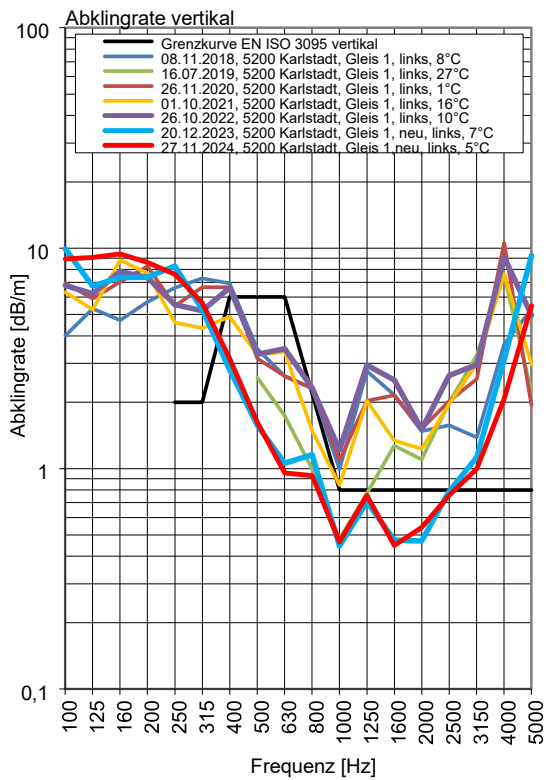
Gleis 2: Richtung Würzburg

Terzpegelspektrum der Schienenrauhheit

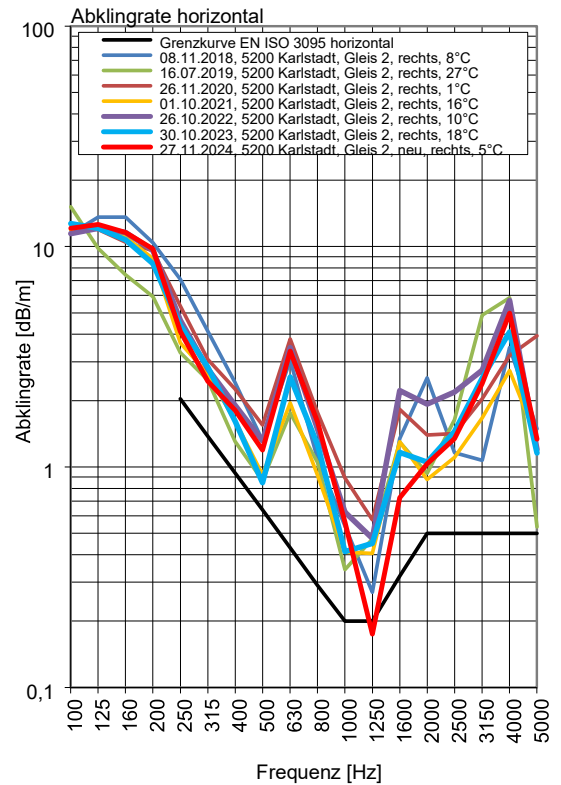
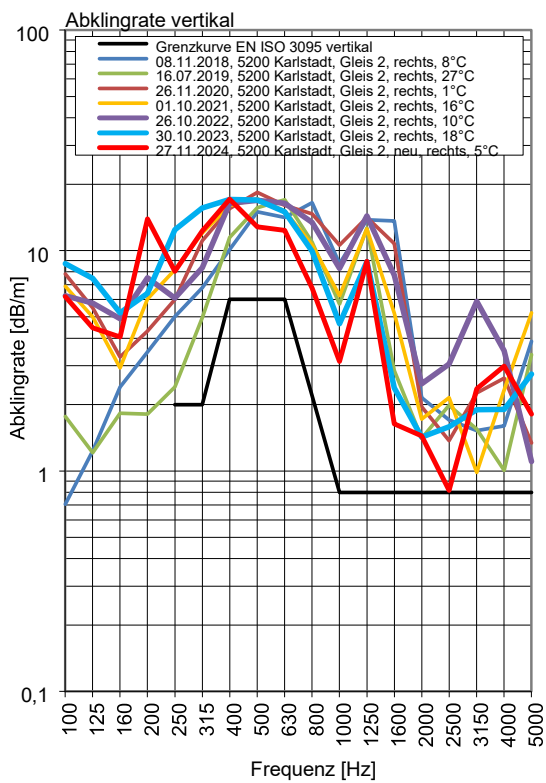
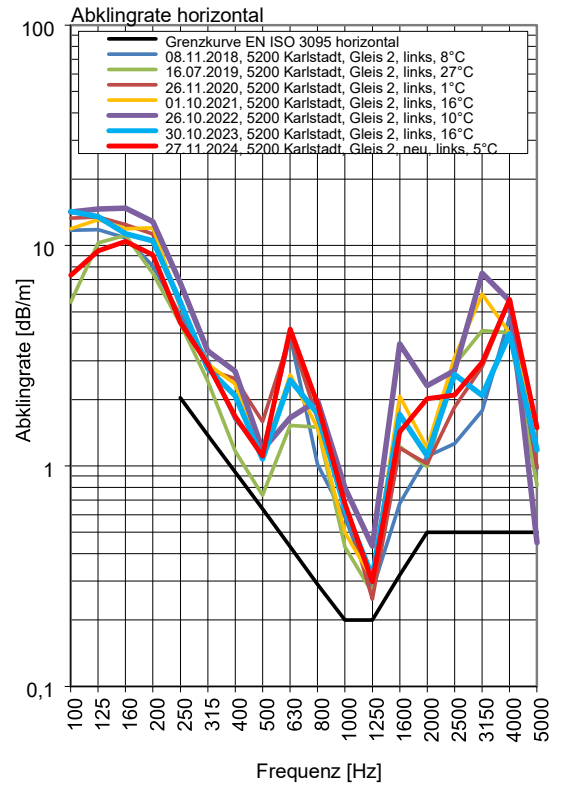
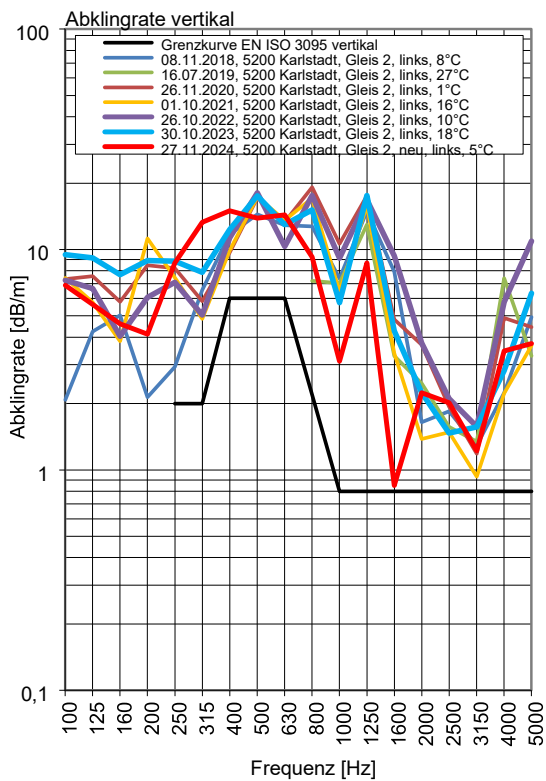


18.02.2025

Gleisabklingrate



Anmerkung zu 2023 und 2024: neuer Standort



Anmerkung zu 2024: neuer Standort

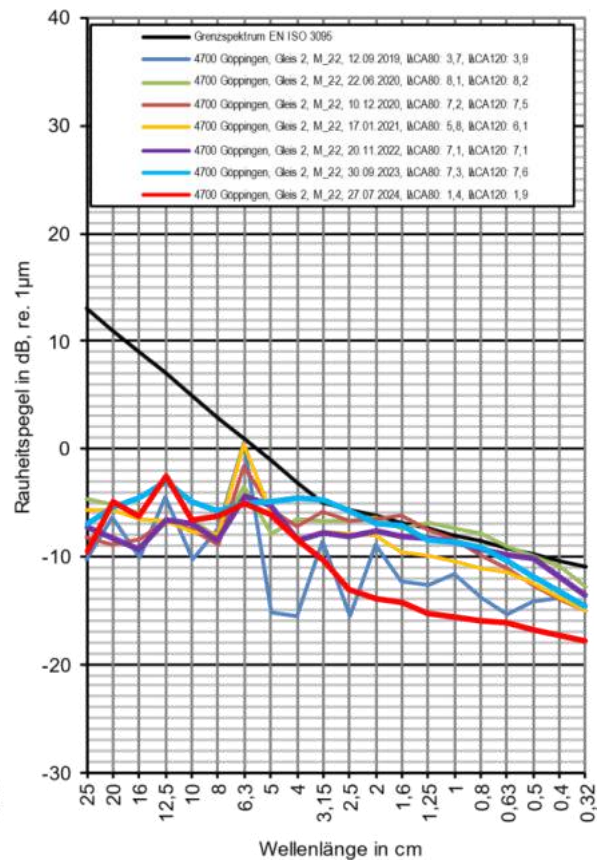
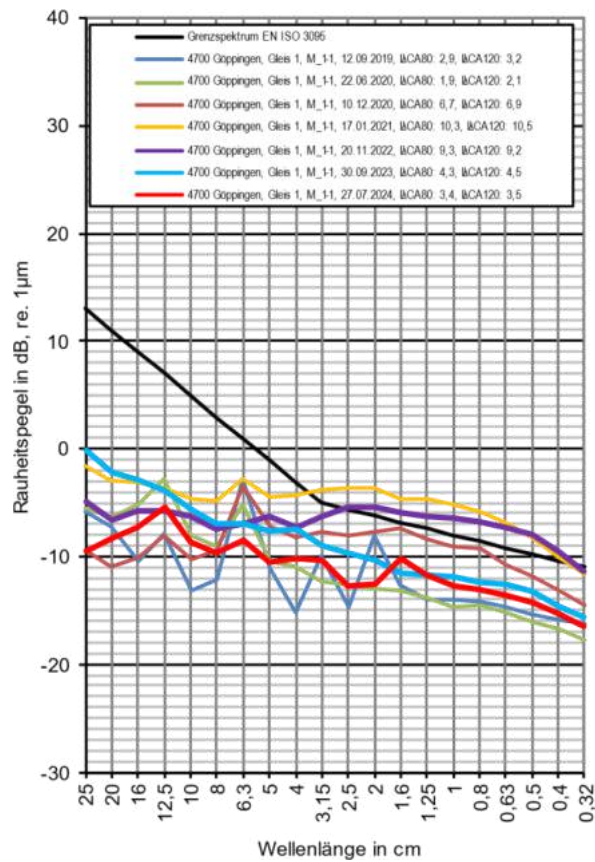
Messstelle Göppingen

Strecke 4700, km 51,2

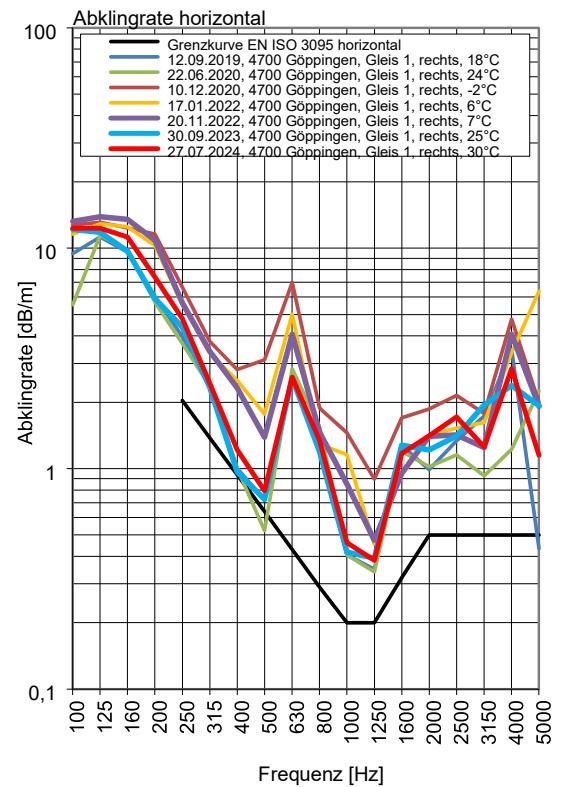
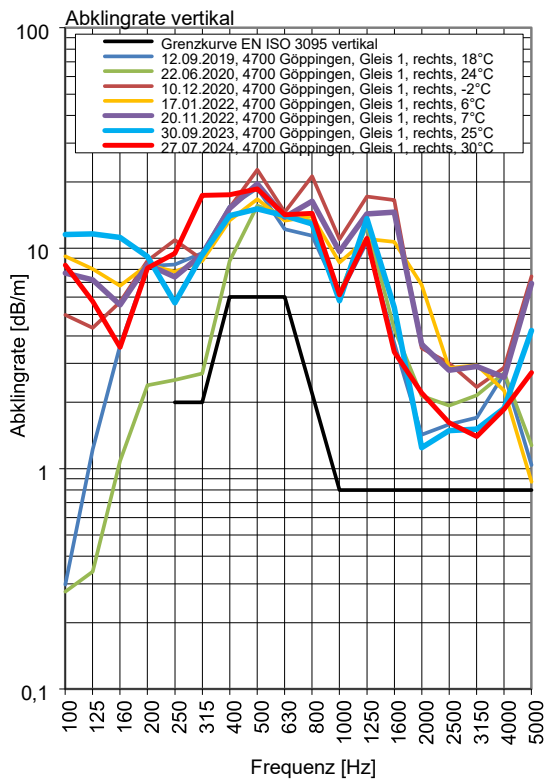
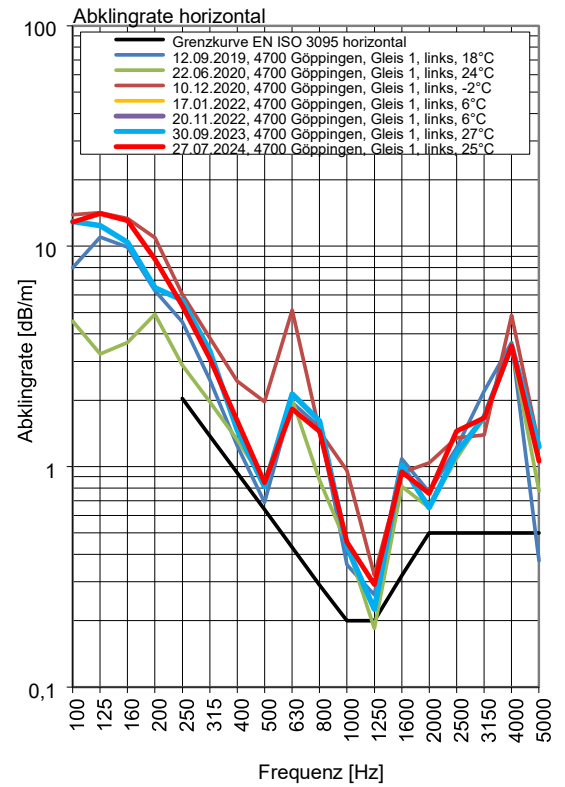
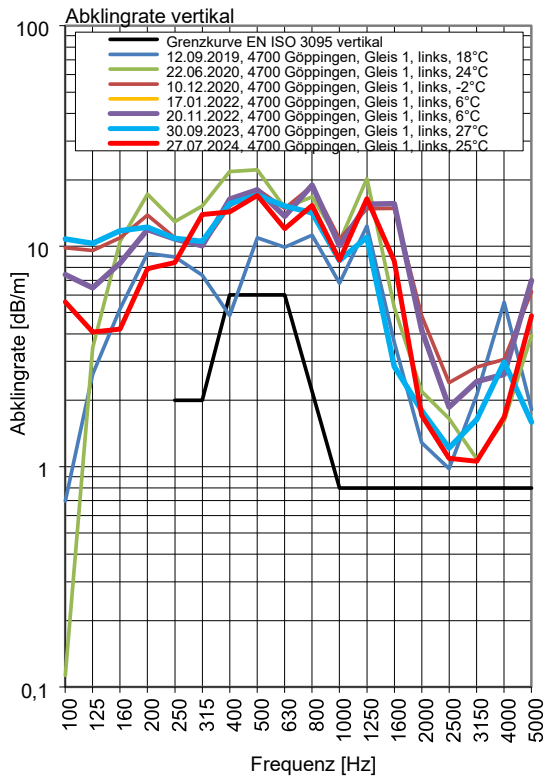
Gleis 1: Richtung Stuttgart

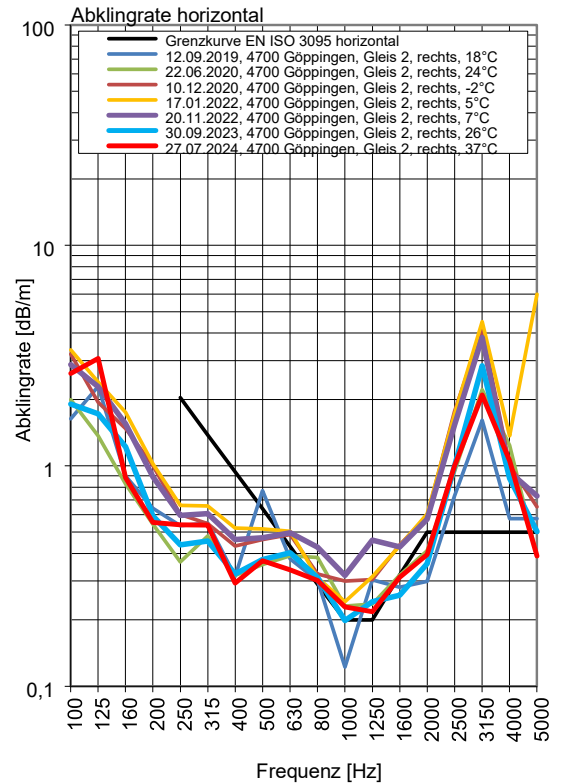
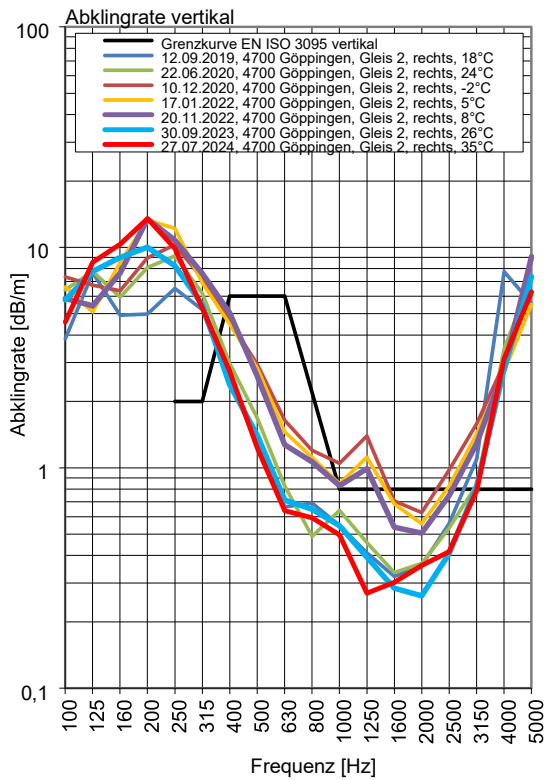
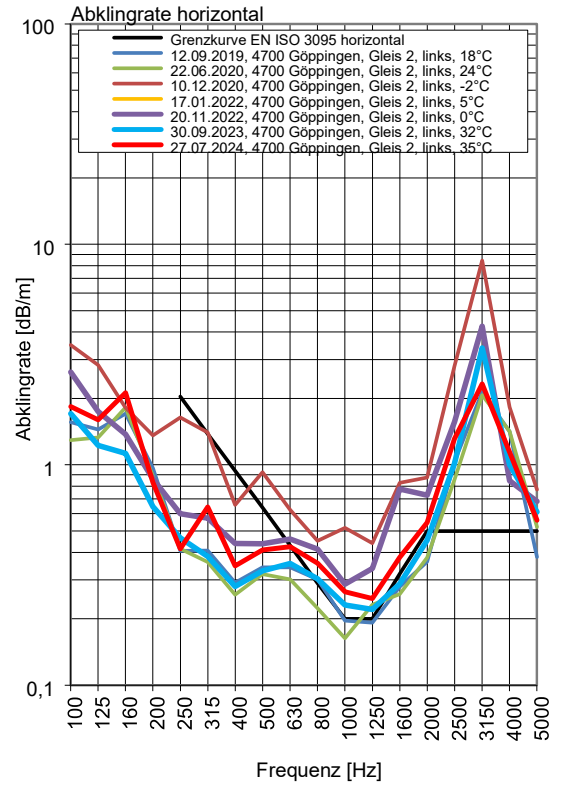
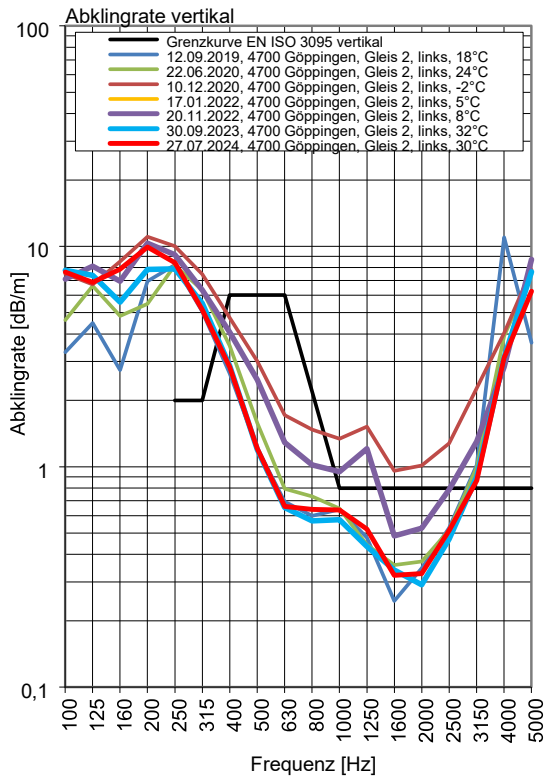
Gleis 2: Richtung Ulm

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





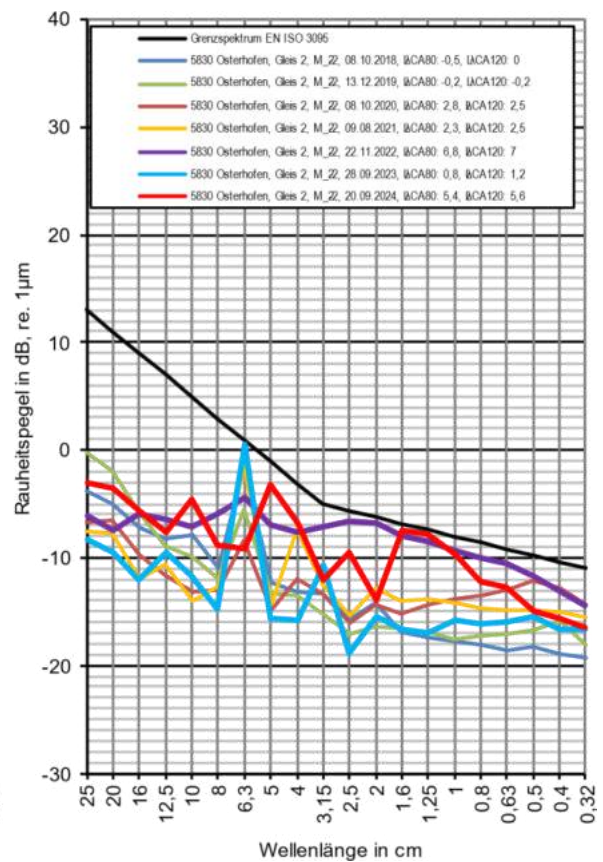
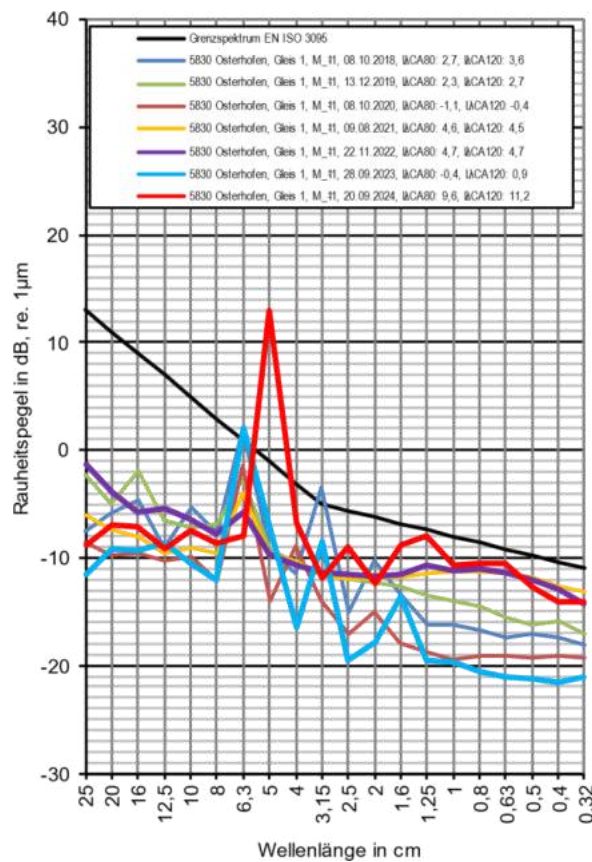
Messstelle Osterhofen

Strecke 5830, km 30,1

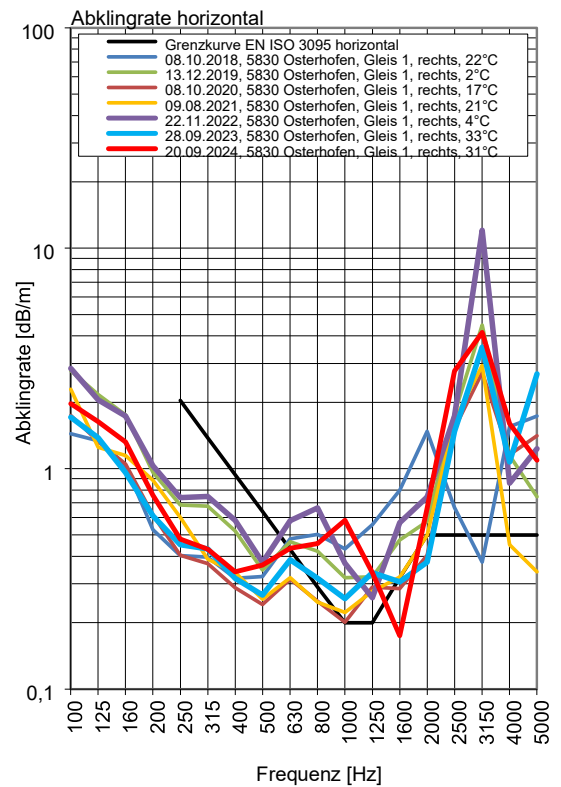
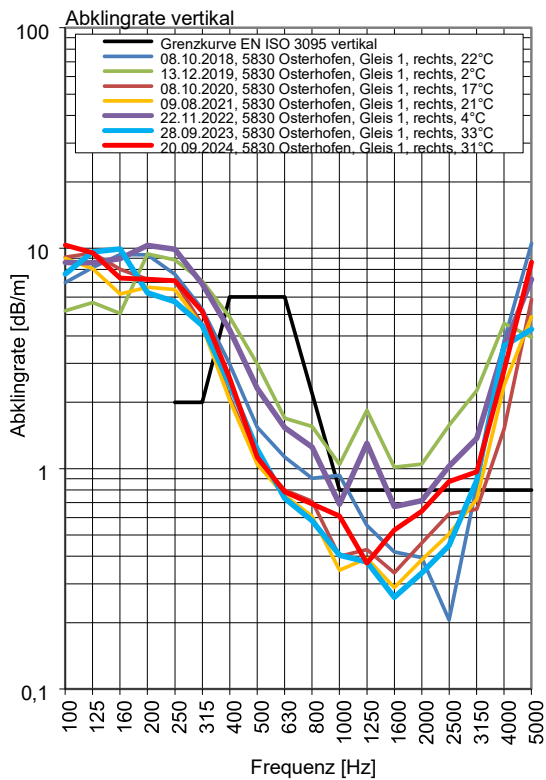
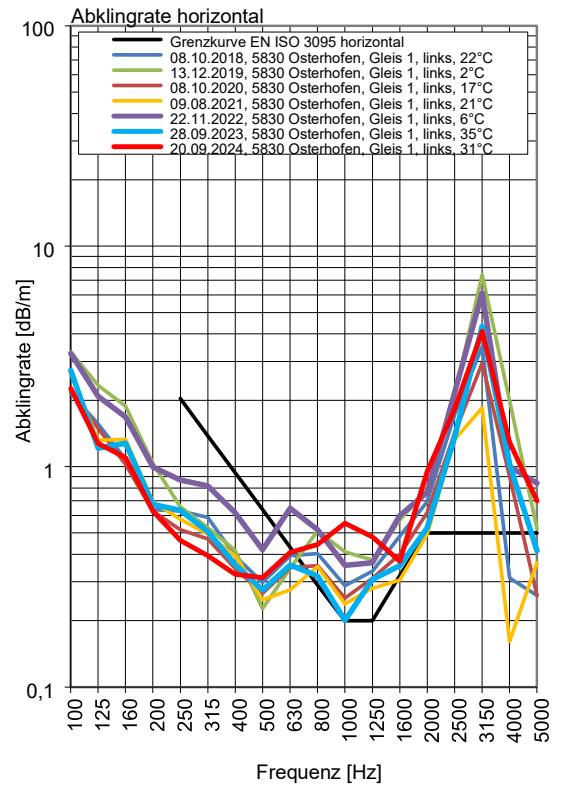
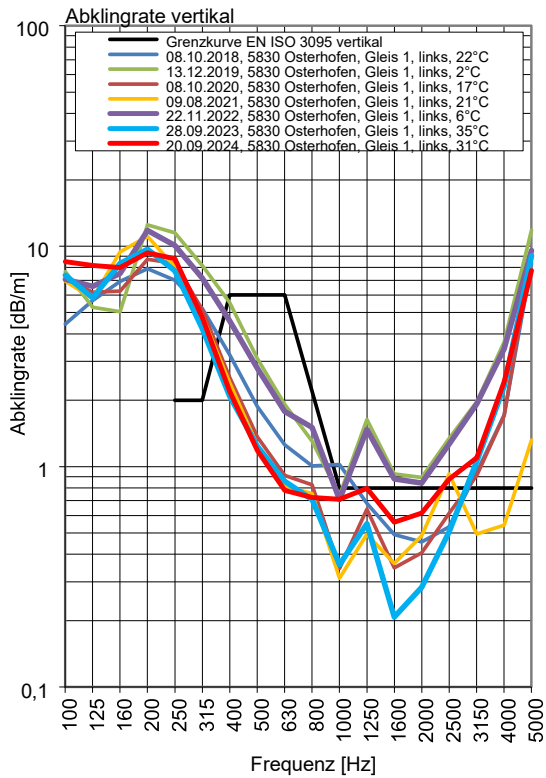
Gleis 1: Richtung Regensburg

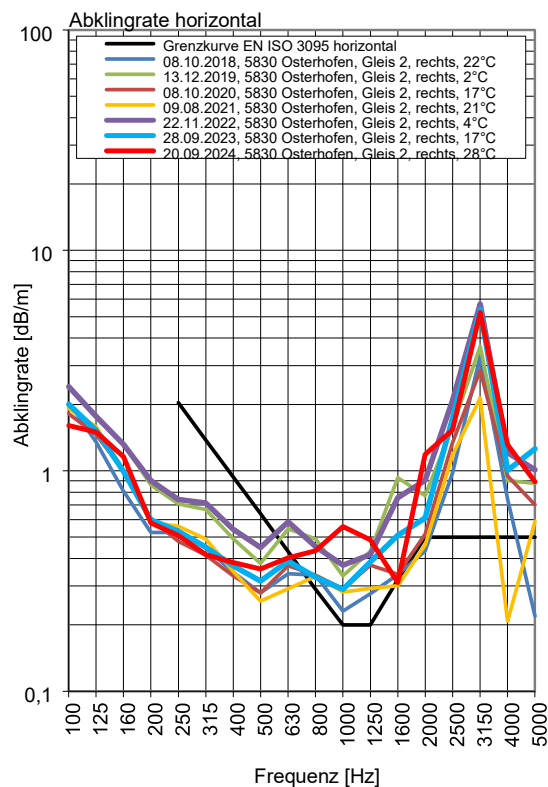
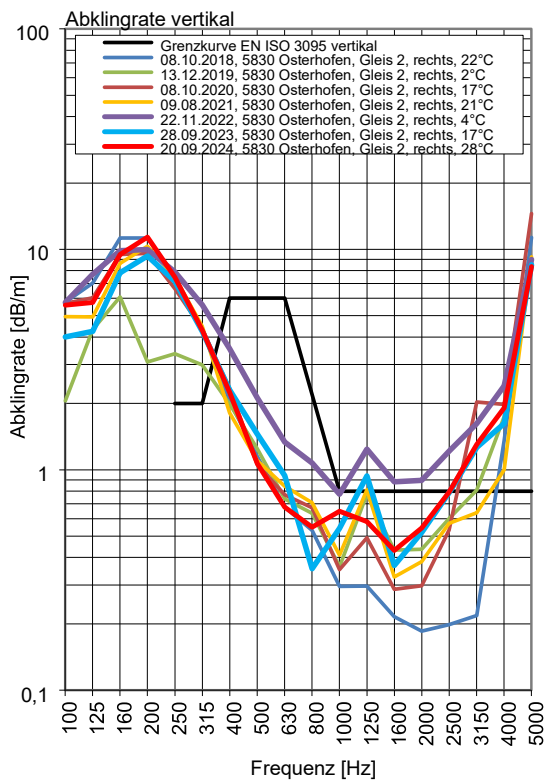
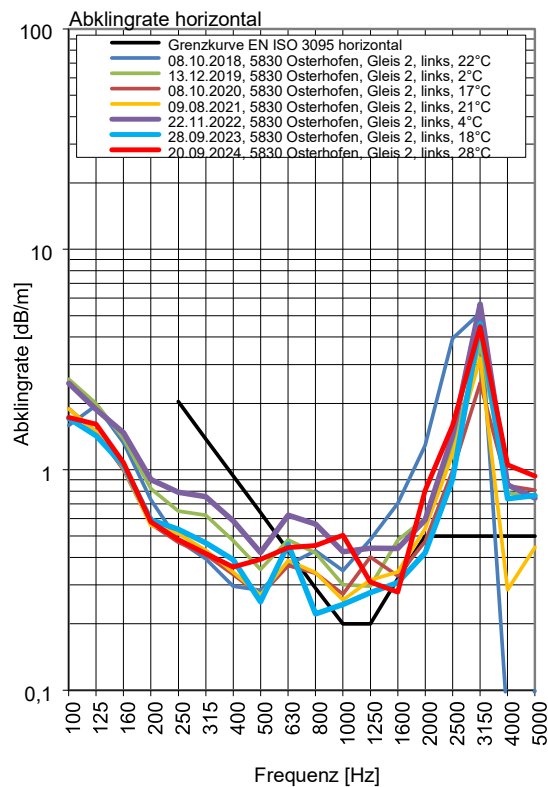
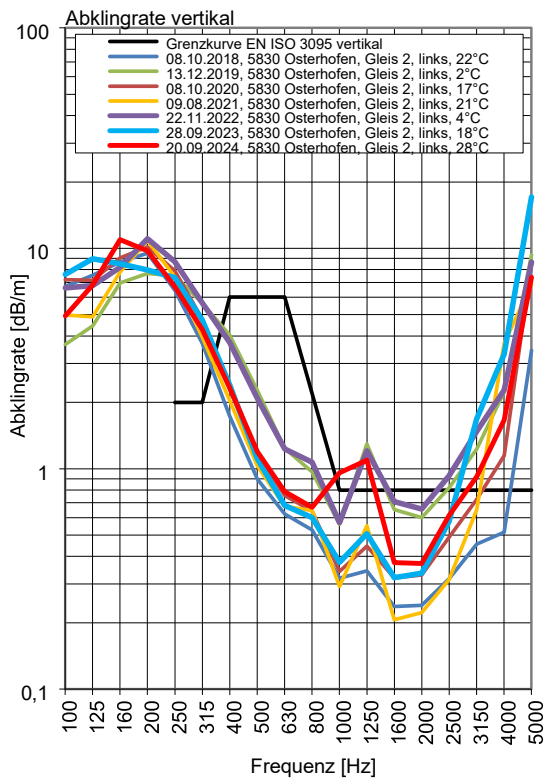
Gleis 2: Richtung Passau

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





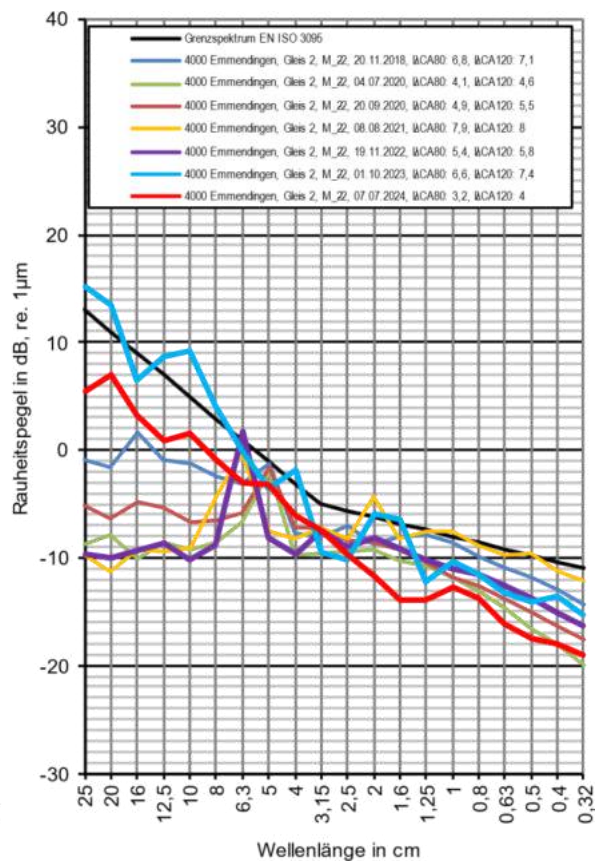
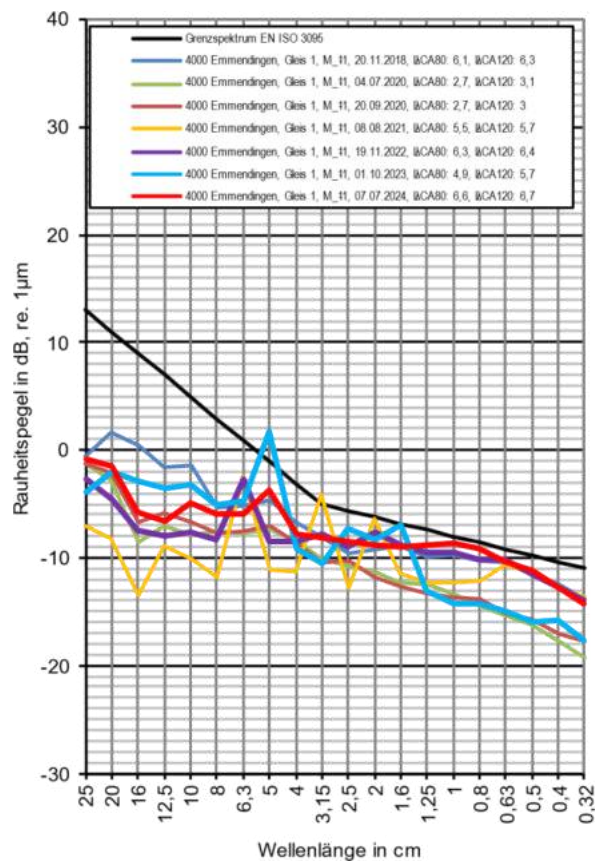
Messstelle Emmendingen

Strecke 4000, km 197,8

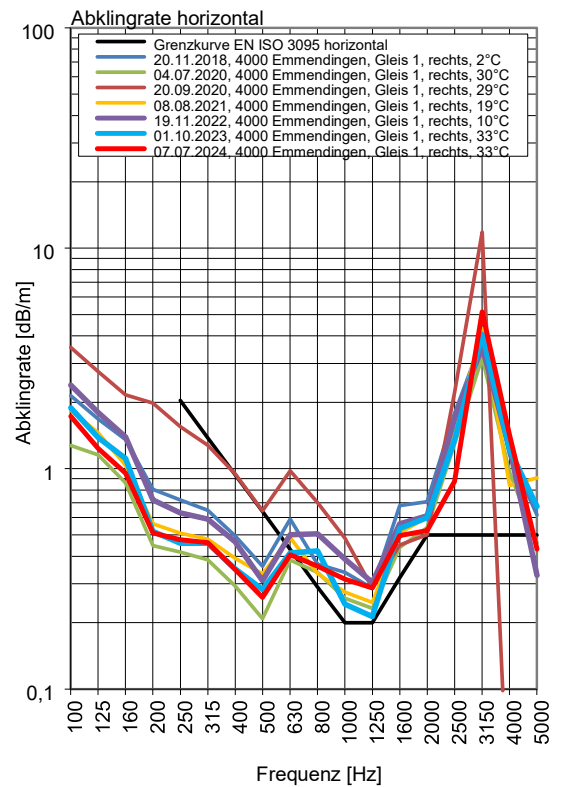
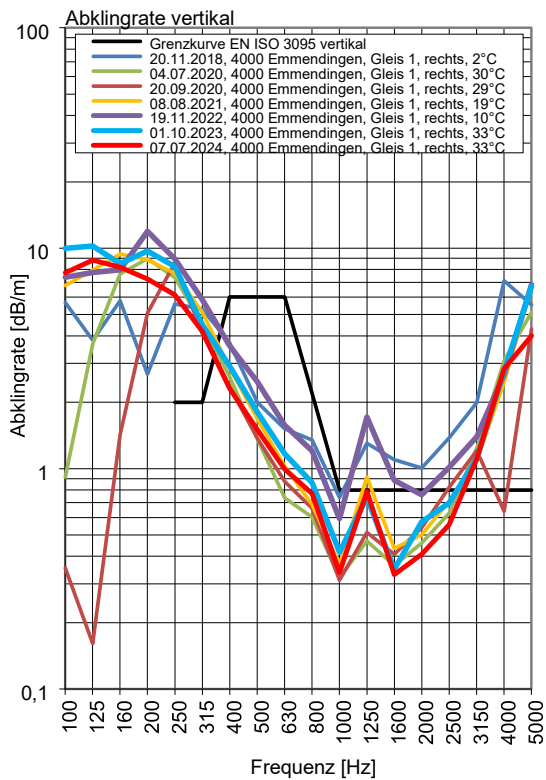
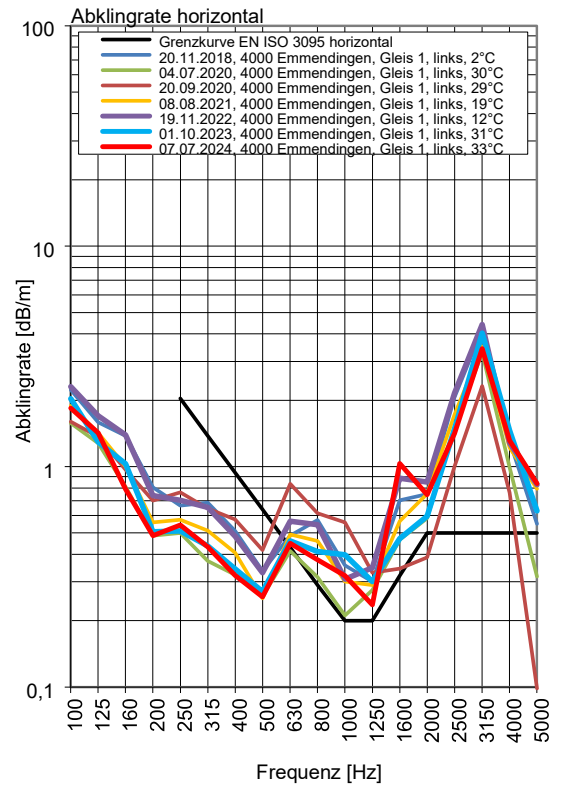
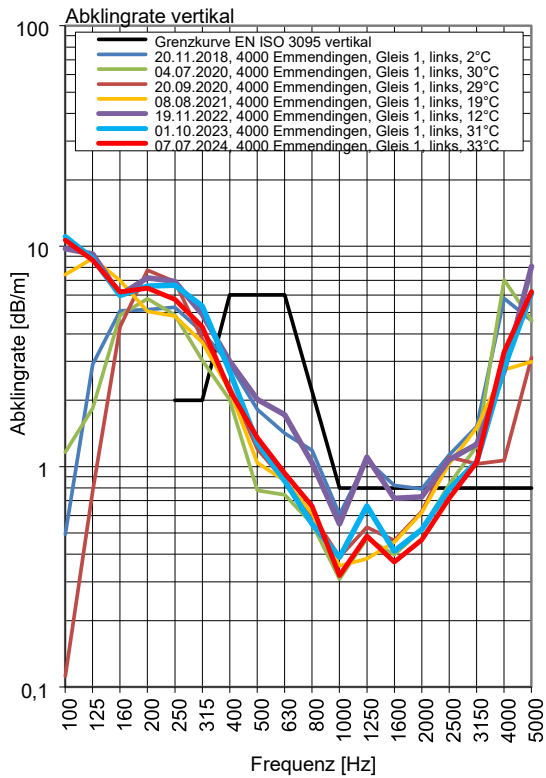
Gleis 1: Richtung Mannheim

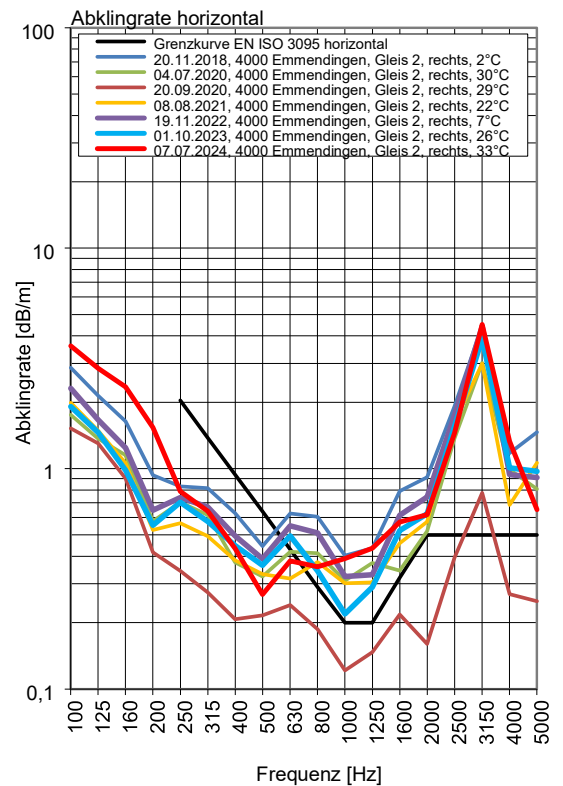
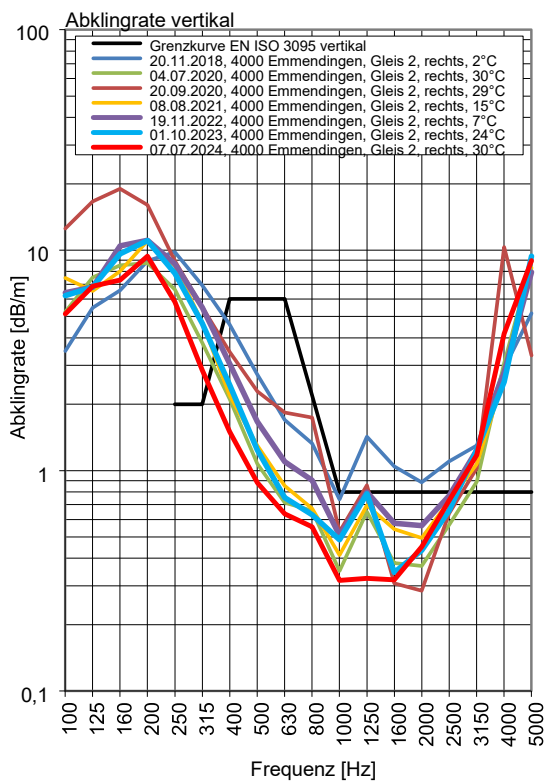
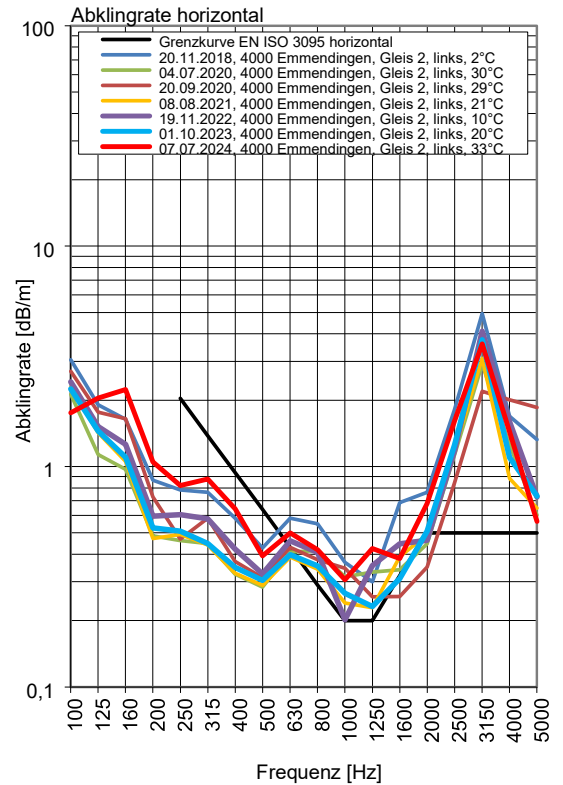
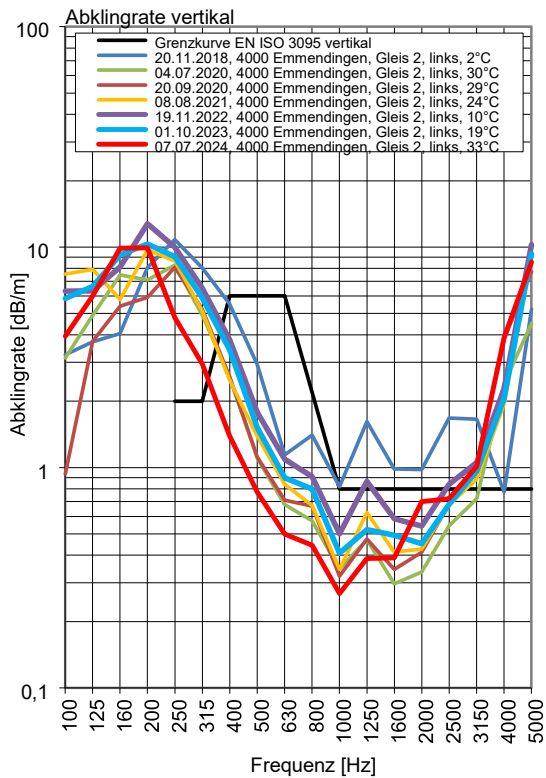
Gleis 2: Richtung Basel

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





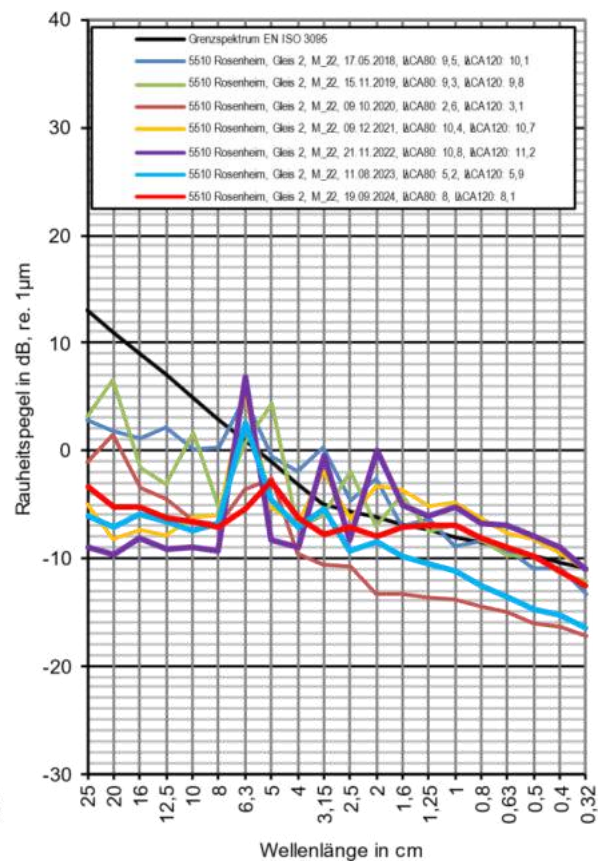
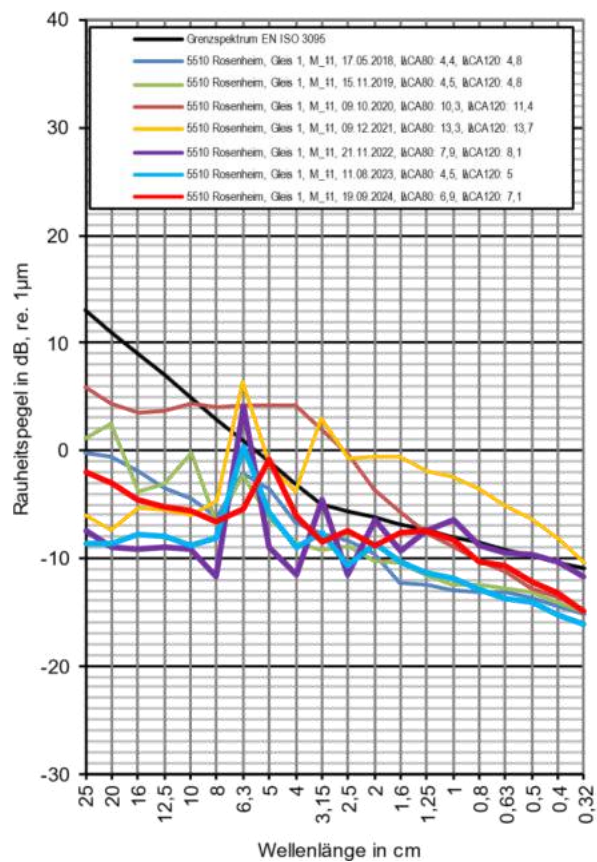
Messstelle Rosenheim

Strecke 5510, km 53,7

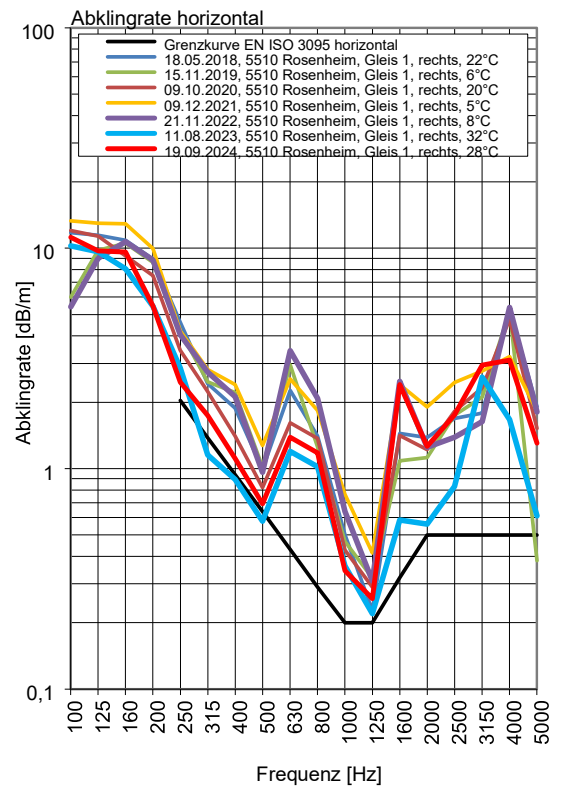
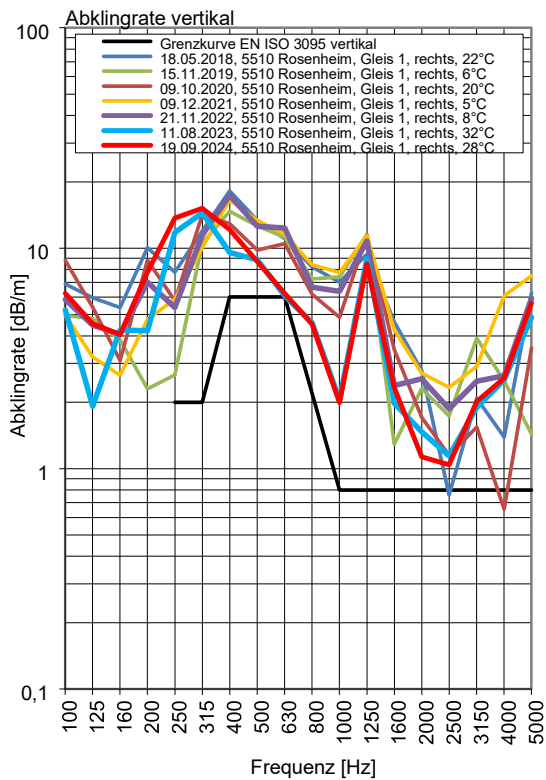
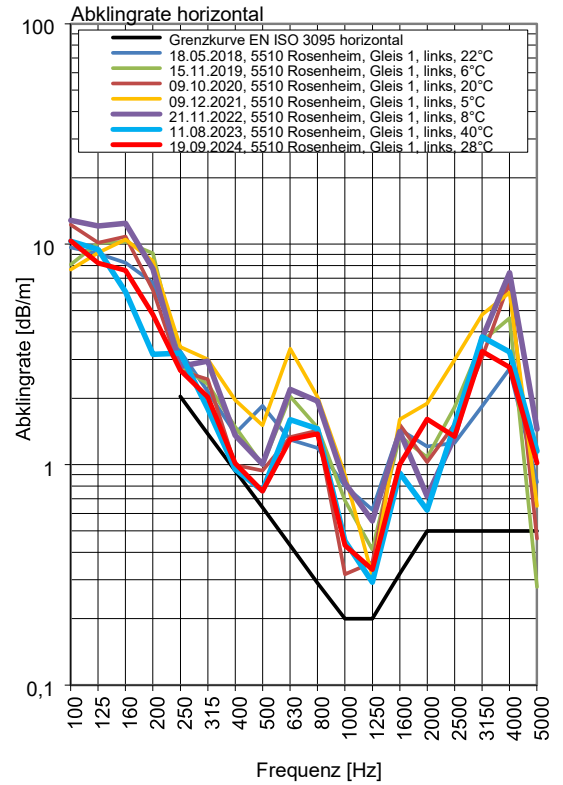
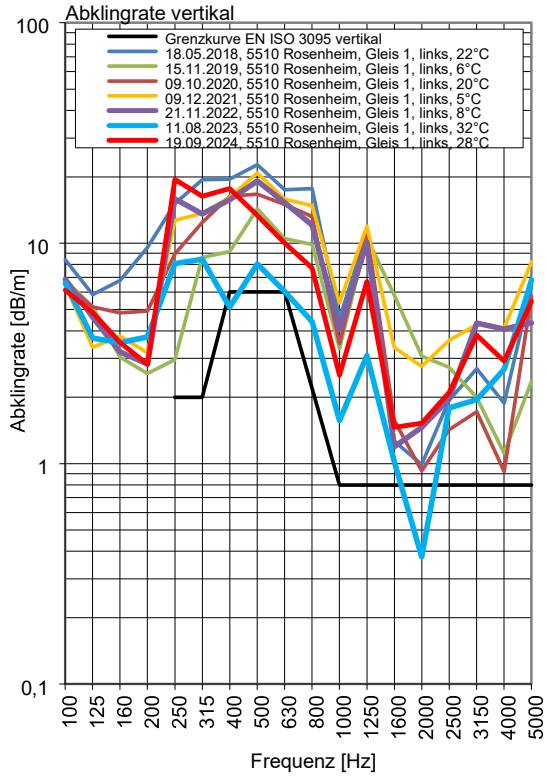
Gleis 1: Richtung München

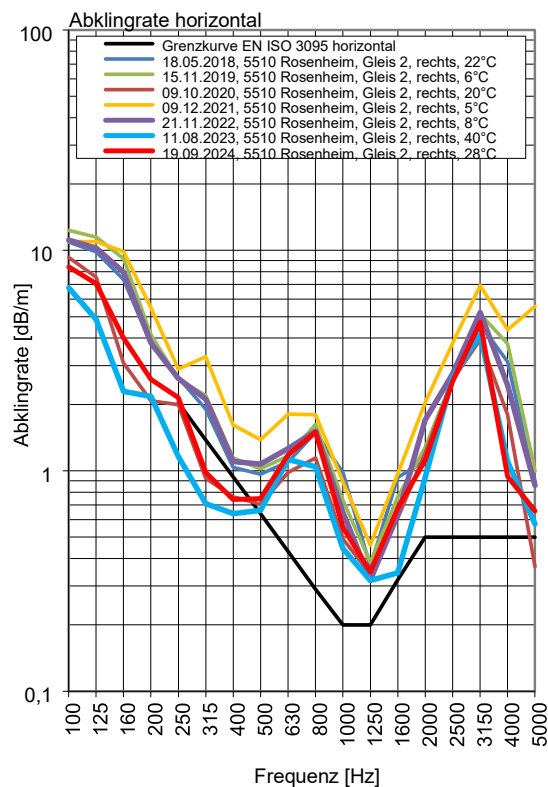
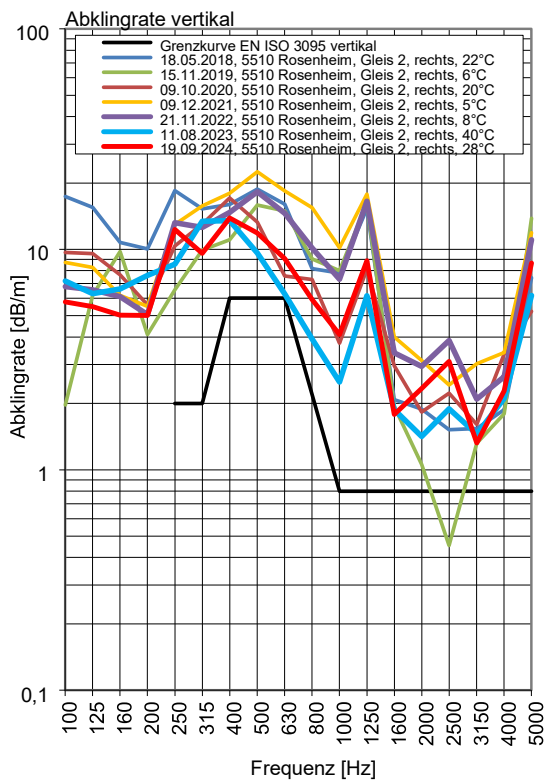
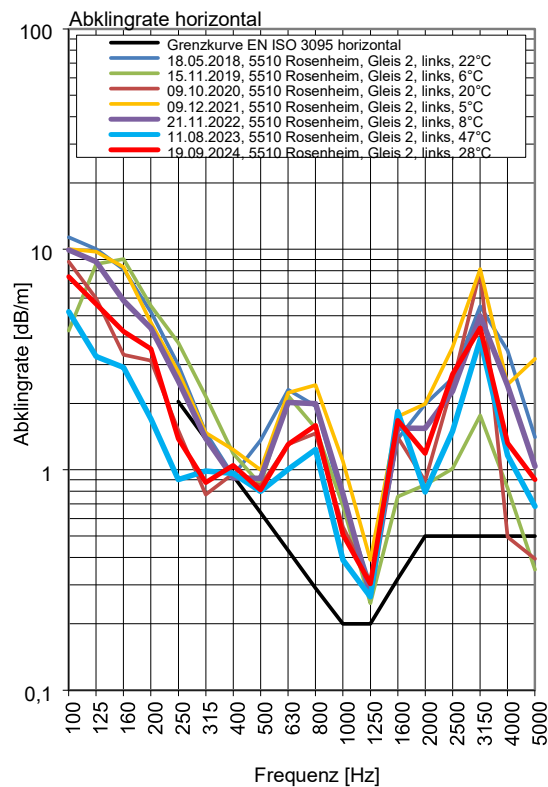
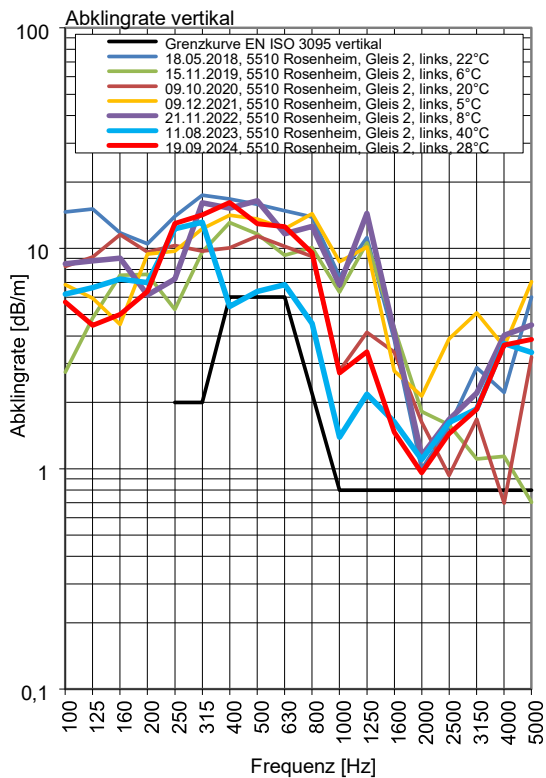
Gleis 2: Richtung Rosenheim

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





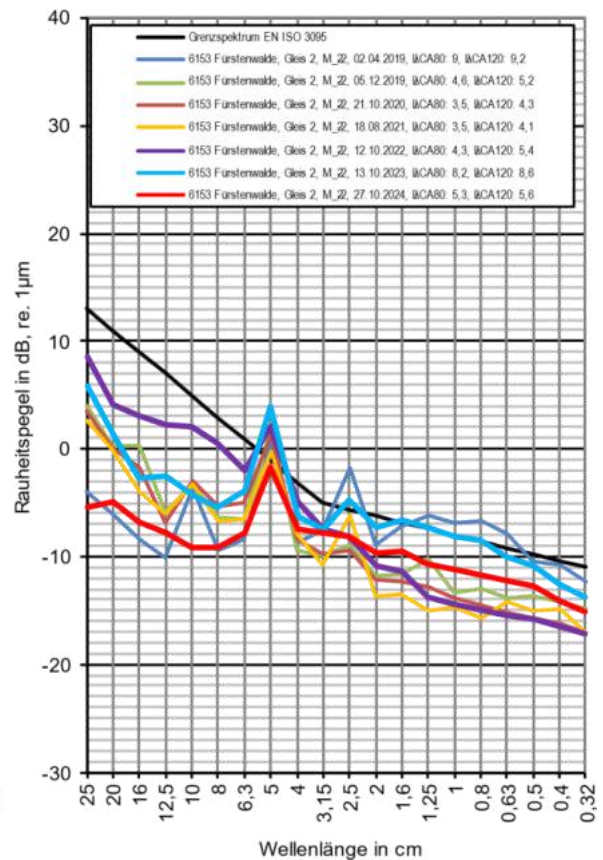
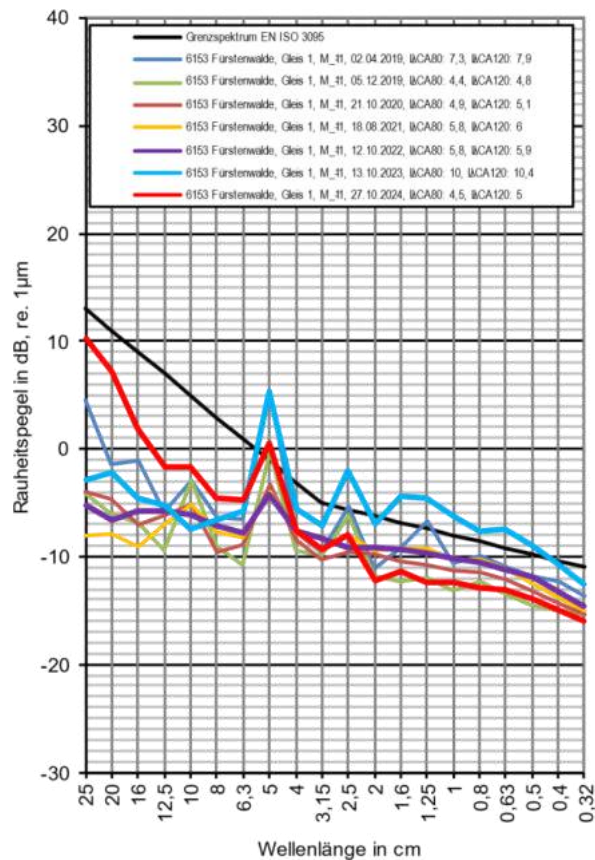
Messstelle Fürstenwalde

Strecke 6153, km 66,9

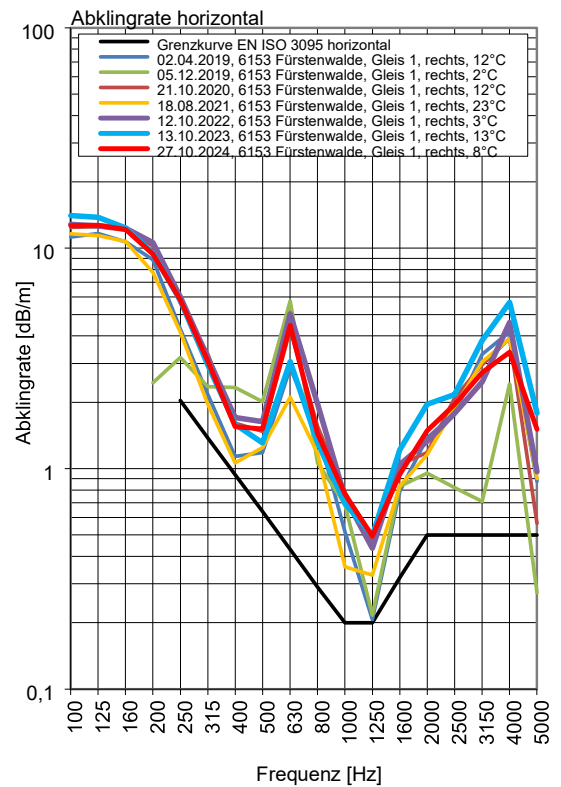
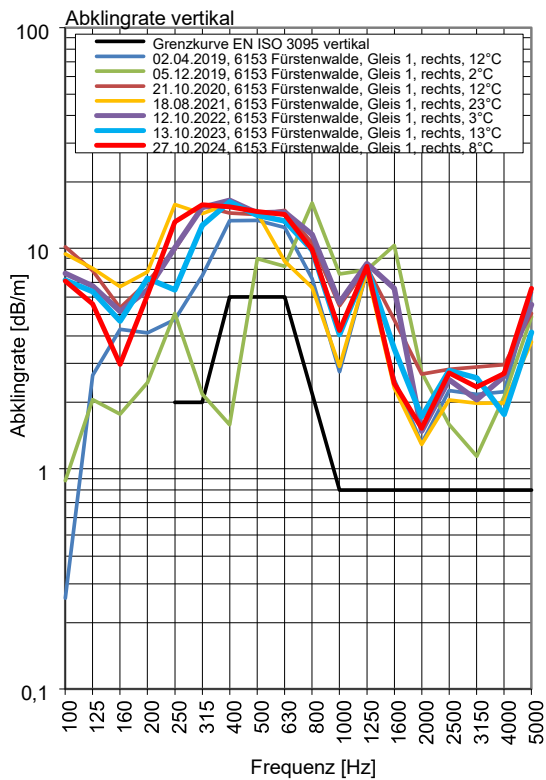
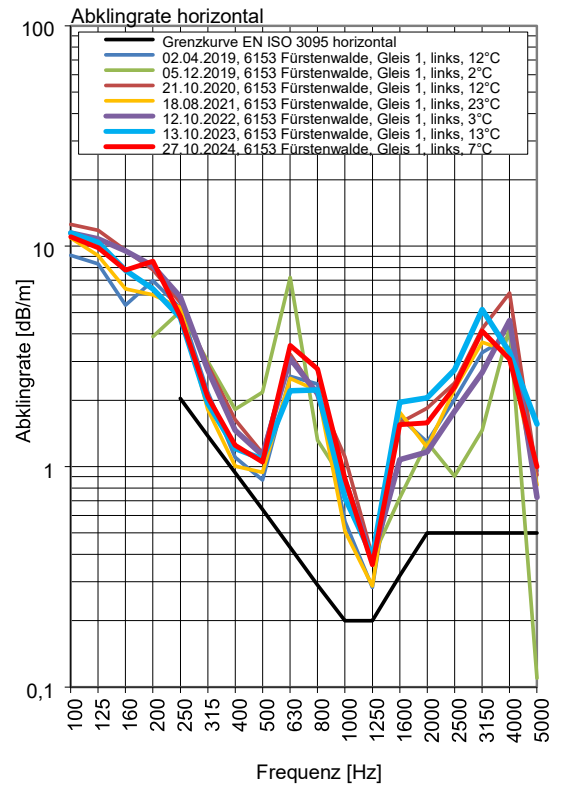
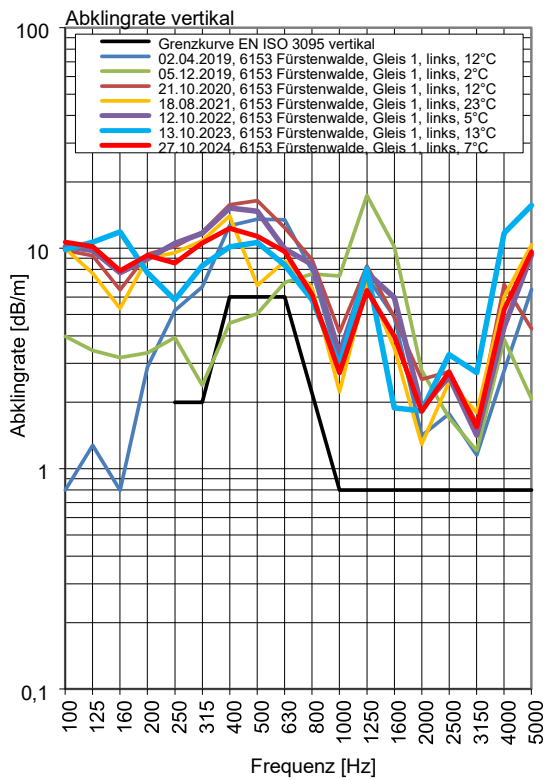
Gleis 1: Richtung Berlin

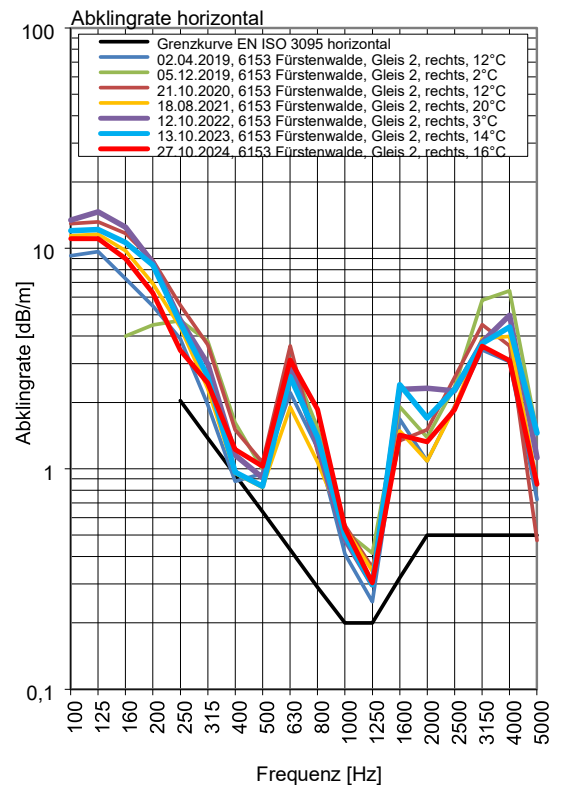
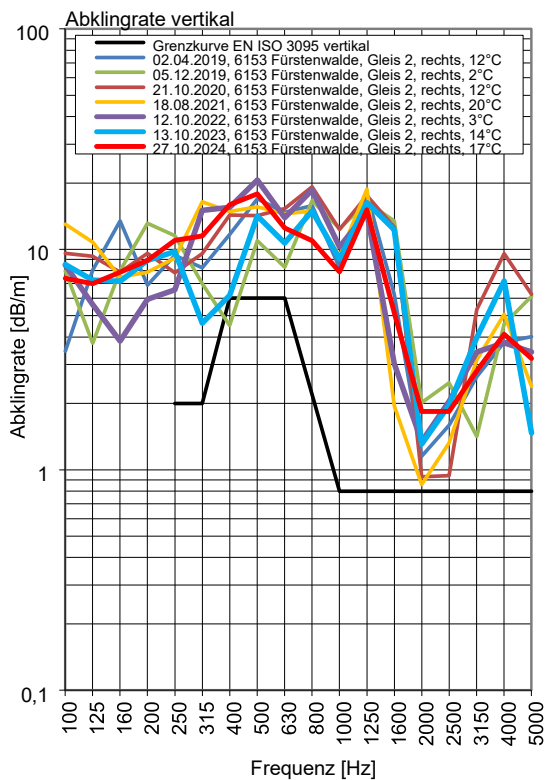
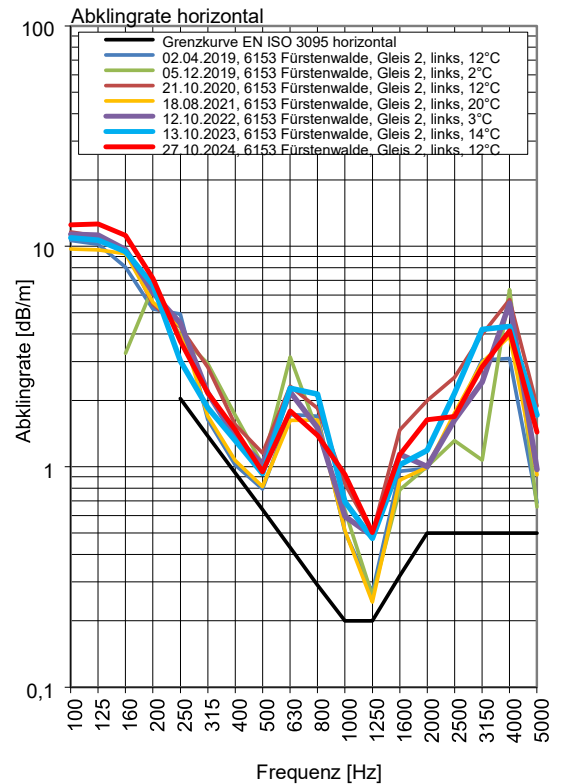
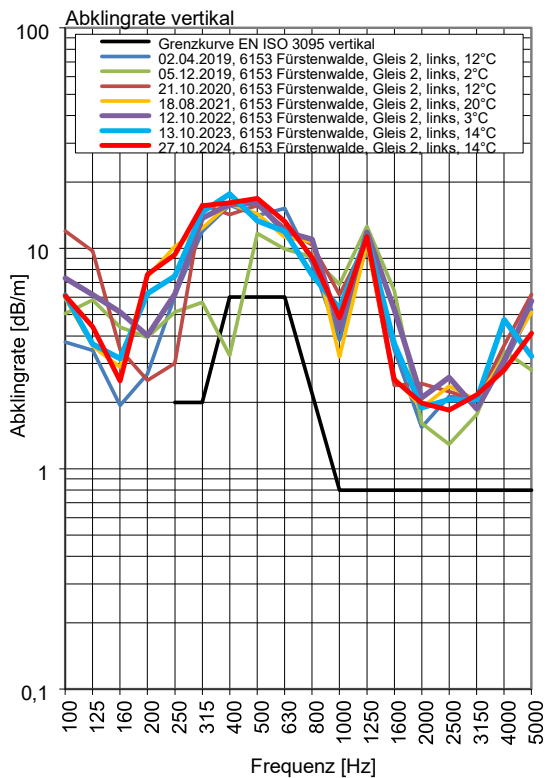
Gleis 2: Richtung Frankfurt/Oder

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





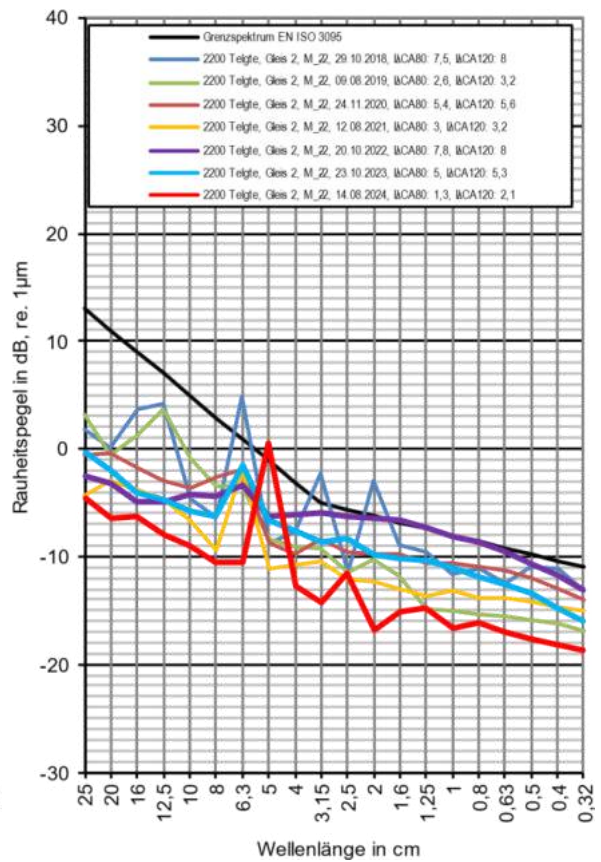
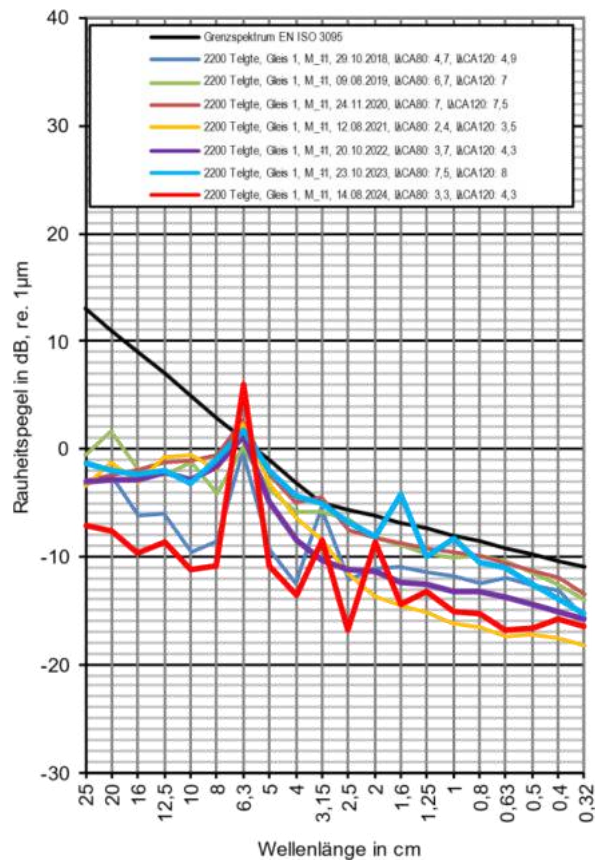
Messstelle Telgte

Strecke 2200, km 82,2

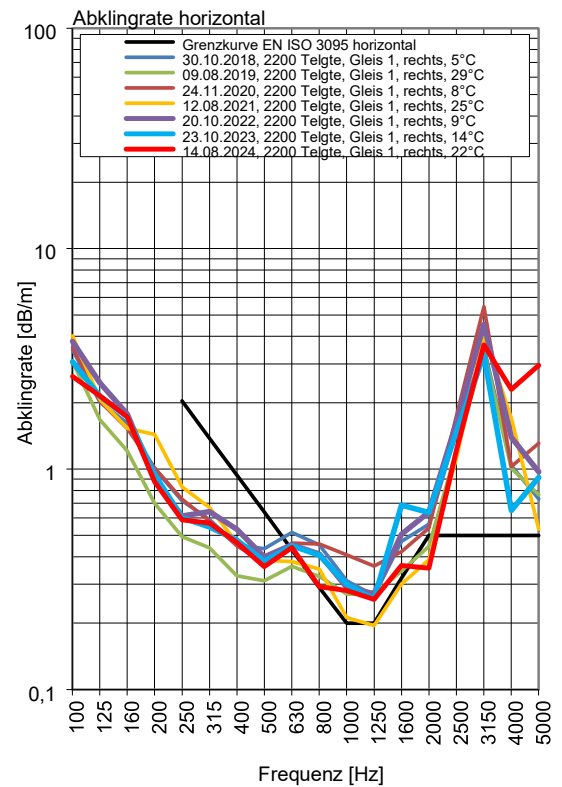
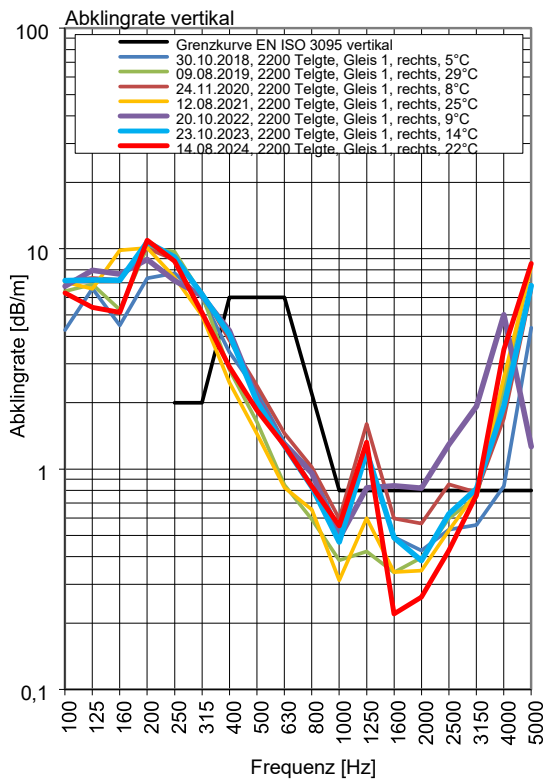
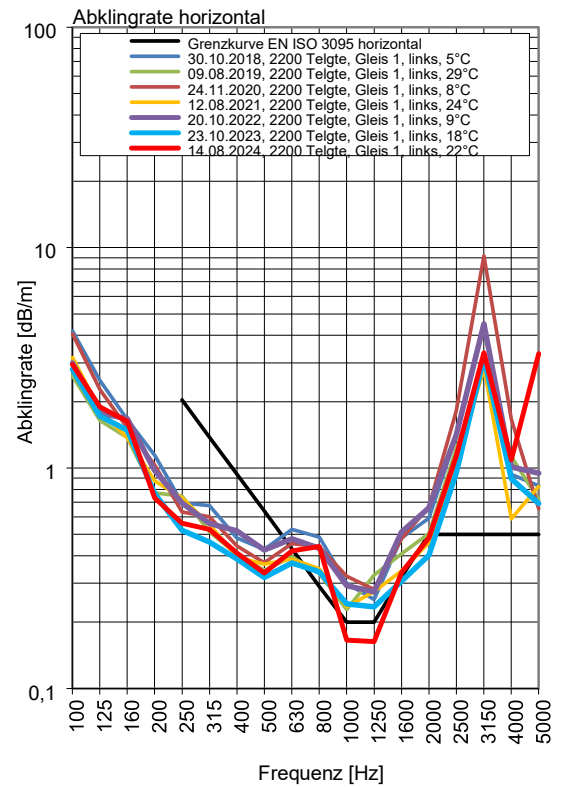
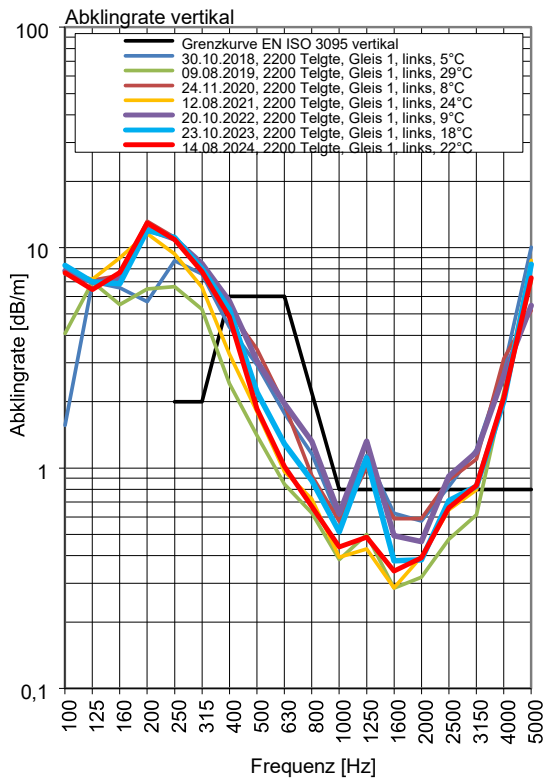
Gleis 1: Richtung Osnabrück

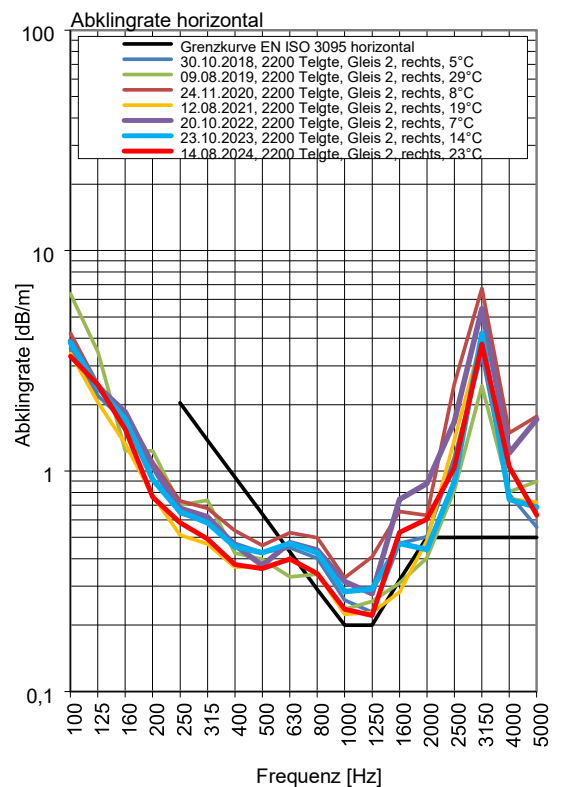
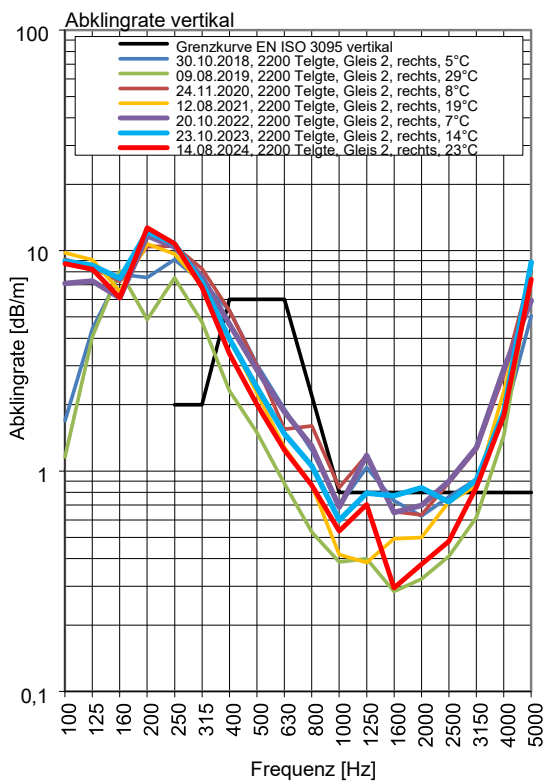
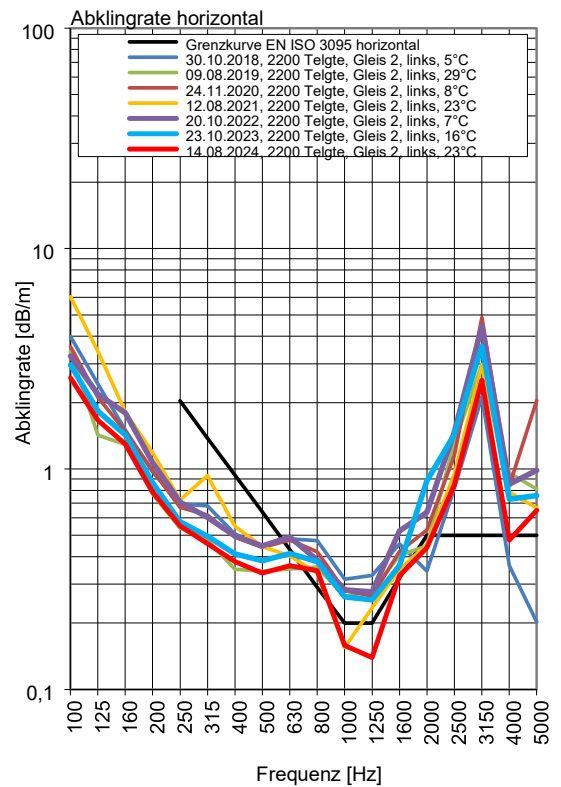
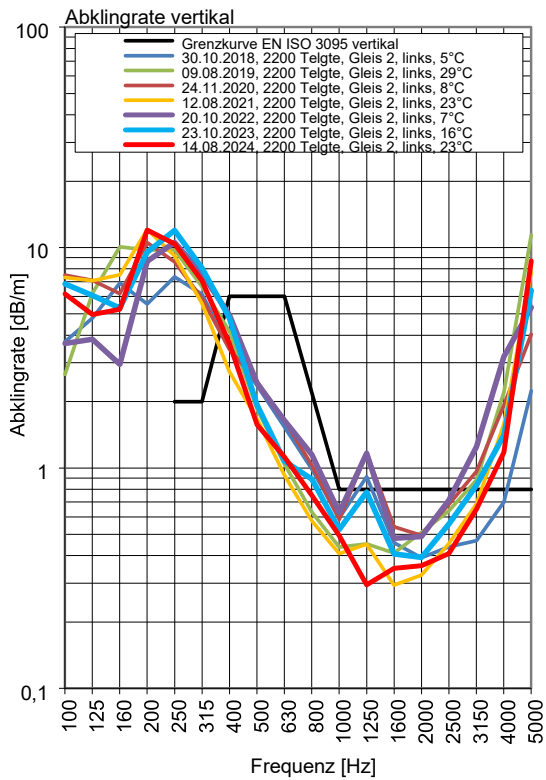
Gleis 2: Richtung Münster

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate





6 Anhang: Literatur

- [1] DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2019/774 DER KOMMISSION vom 16. Mai 2019 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 in Bezug auf die Anwendung der technischen Spezifikation für Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ auf Bestandsgüterwagen
- [2] E DIN 38452-1:2020-03; Langzeitmessung von Schienenverkehrsgeräuschen –Teil 1: Emissionen; Entwurf März 2020
- [3] DIN EN 15610:2021-11 Bahnanwendungen - Akustik - Messung der Schienen- und Radrauheit im Hinblick auf die Entstehung von Rollgeräuschen; Deutsche Fassung EN 15610:2019
- [4] ISO 3095 Akustik - Bahnanwendungen - Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen (2013)
- [5] Annemarie van Beek, Edwin Verheijen: Harmonised Accurate and Reliable Methods for the EU Directive on the Assessment and Management Of Environmental Noise - DEFINITION OF TRACK INFLUENCE: ROUGHNESS IN ROLLING NOISE - Deliverable 12 part 1 of the HARMONOISE project
- [6] EN 15461:2011: Bahnanwendungen - Schallemission - Charakterisierung der dynamischen Eigenschaften von Gleisabschnitten für Vorbeifahrtgeräuschmessungen; Deutsche Fassung EN 15461:2008+A1:2010
- [7] David Thompson; Single number descriptor of track decay rates: a proposal for SBB, ISVR 2012
- [8] Lutzenberger, Stiebel, Gerbig, Wettschureck; Luftschall aus dem Schienenverkehr, Fachwissen Technische Akustik, Springer Verlag 2017
- [9] Lutzenberger, Stiebel, Gerbig, Wettschureck; Erschütterungen und sekundärer Luftschall aus dem Schienenverkehr, Fachwissen Technische Akustik, Springer Verlag 2017
- [10] G.J. van Blokland and S. Lutzenberger, “Progress report on measures on rail traffic noise in the EU”, Interest Group on Traffic Noise Abatement of the EPA Network (IGNA-EPA), June 2014
- [11] B 126.13 E; Synthesis paper on the EuropeTrain operation with LL brake blocks -
- [12] Lutzenberger,S., Gralla, G.; Ermittlung der Messunsicherheiten bei bahnakustischen Messungen; Erläuterungen zum Anhang F der ISO EN 3095; Fachtagung Bahnakustik 2011.
- [13] Remington, P. J., (1987). Wheel / rail rolling noise. parts I and II. Journal of the Acoustical Society of America, 81 (June), 1805–1832.
- [14] Thompson, D. J., (1993). Wheel–Rail Noise Generation, Parts I – V. Journal of Sound and Vibration, 161, 387–482.
- [15] David Thompson; Railway Noise and Vibration; ISBN: 9780080451473; Elsevier Science; 2008

- [16] Lutzenberger, S.; Gutmann, C.: Geräuschemission europäischer Schienenfahrzeuge, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, Januar 2013
- [17] Gutmann, C., Oertli, J., Scossa-Romano, E., Lutzenberger, S., Belcher, D.; Statistische Untersuchung der Track Decay Rate verschiedener Schotteroberbauten im Hinblick auf die Wirksamkeit von Schienendämpfern, Fachtagung Bahnakustik 2014
- [18] Lutzenberger, S.: Bahnlärmmonitoring El Der Eisenbahningenieur, Mai 2017
- [19] Jahresbericht 2019 – „Monitoring Eisenbahnlärm“ veröffentlicht vom Bundesamt für Verkehr BAV, Schweizerische Eidgenossenschaft
- [20] Jahresbericht 2020 – „Monitoring Eisenbahnlärm“ veröffentlicht vom Bundesamt für Verkehr BAV, Schweizerische EidgenossenschaftISO/IEC Guide 98-3 Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurements (GUM:1995)



www.laerm-monitoring.de