

Gutachterliche Einschätzung des Schall-Beurteilungspegels anhand eines Standardmastfeldes

Schwerpunkt: Freileitung
Standardmodell - Mast D82/19/21 WA1+15

Standort: ohne konkreten Standortbezug

Berichtsnummer: SHNG2023 - 113

Vorhabenträger



50Hertz Transmission GmbH
Heidestraße 2
10557 Berlin

Bearbeiter



Ingenieure
Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH
Brückenstraße 13
09111 Chemnitz

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 2 -

Auftrag: Schalltechnisches Untersuchung im Modellfall:

- Ermittlung der schalltechnischen Ausbreitungscharakteristik im Umfeld einer Freileitung anhand eines standardisierten Modells unter Berücksichtigung des Mastbildes D82/19/21 WA1+15

Auftraggeber: 50Hertz Transmission GmbH
Heidestraße 2
10557 Berlin

Auftragnehmer: Ingenieure Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH
Dipl.-Ing. (FH) André Siegemund
Brückenstraße 13
09111 Chemnitz
Tel: +49 371 27195-53 Fax: +49 371 27195-20
Email: siegemund@ib-shn.de

Umfang: 12 Seiten DIN A4 sowie Anhänge

ingenieure **shn**
bau-anlagen-umwelttechnik

Chemnitz, 2023-04-03



Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. (FH) Denny Jonies M.Sc.
Ingenieure
Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH



Projektingenieur Akustik/Schallschutz:

Dipl.-Ing. (FH) André Siegemund
Ingenieure
Bau-Anlagen-Umwelttechnik SHN GmbH

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 3 -

0 Zusammenfassung

Die 50Hertz Transmission GmbH untersucht immissionsschutzrechtliche Belange beim etwaigen Betrieb von Freileitungen. Der Betrieb dieser geht erfahrungsgemäß einher mit der Emission von gewerblichen Geräuschen. Diese wiederum führen zu entsprechenden Immissionen im Umfeld.

Um die zu erwartenden Beurteilungspegel auch ohne konkreten Standortbezug zielführend abschätzen zu können, wurde die Beratende Ingenieure SHN GmbH mit der Untersuchung der Immissionssituation in Nähe zu einem standardisierten Mastfeldmodell beauftragt.

Mittels eines computergestützten Rechenmodells wurden unter Berücksichtigung üblicher Dämpfungsmechanismen im Ausbreitungsweg des Schalls die immissionsseitig resultierenden Druckpegel ermittelt. Nach einer Bewertung hinsichtlich etwaiger Lästigkeitszuschläge wurden schließlich konservativ Relevanzabstände ermittelt. Hierbei wurden insbesondere verschiedene Immissionshöhen untersucht.

Die Parametrisierung der prognostischen Berechnung folgt entsprechend der gutachterlichen Erwägung der Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz sowie den Erkenntnissen messtechnischer Felduntersuchungen zu Koronageräuschen im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, vergleichend für Leiterseile mit hohen und niedrigen Randfeldstärken unter Einbeziehung von Emissions- und Prognosebesonderheiten nach TA Lärm - durchgeführt von der Messstelle der TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH.

Mit Hilfe einer standardisierten Musterbetrachtung bzw. der hierbei ermittelten entfernungsabhängigen Beurteilungspegel wurde schließlich die Möglichkeit geschaffen, die Höhe und die Relevanz von Immissionsbeiträgen durch Koronageräusche orientierend zu bewerten. Hierbei wird sich vorliegend auf die durch den Auftraggeber vorgegebene Kombination aus Mastbild und Beseilung konzentriert.

Schließlich kann anhand der Ergebnisse der resultierende Beurteilungspegel an einem möglichen Immissionsort abgeschätzt werden. Hieraus leitet sich ab, ob der Beitrag als relevant anzusehen oder ggf. mit einer Richtwertüberschreitung zu rechnen ist.

Die Berechnungsergebnisse für die vorliegend untersuchte Trassenkonfiguration, bestehend aus dem Masttyp D82/19/21 WA1+15 und der Beseilung 2 x 3 x 4 x 550-AL1/71-ST1A, wurden als Ergebnistabellen und Ergebnisdiagramme dargestellt. Für die alternativen Masttypen T1, WA2, WA3 und WA4 und/oder eine Beseilung mit 2x 3 x 4 x 707-2Z AL7 (Vollaluminium-Leiterseil) sind grundsätzlich geringere Geräuschemissionen zu erwarten, so dass die vorliegende Untersuchung im Hinblick auf diese Trassenkonfigurationen den „worst-case“ abbildet.

Relevanzabstände für konkrete Bewertungssituationen wurden - sofern ableitbar - im Bericht nochmals gesondert fixiert.

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 4 -

1 Beschreibung des Standardmastfeldes

Die vorliegenden Untersuchungen erfolgen anhand eines Standardmastfeldes als Musterbetrachtung für Freileitungen mit dem Masttyp D82/19/21 WA1+15. Hierbei wird ein vereinfachtes geometrisches Modell ohne Berücksichtigung eines Bodenprofils mit den grundsätzlichen seilstatistischen Durchhängen zugrunde gelegt.

Die Emissionsdaten werden zunächst vollständig durch die Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie GmbH innerhalb eines QSI-Modells zur Verfügung gestellt. Für die Ermittlung der übergebenen Daten wird dabei gemäß Vorgabe durch den Gutachter die Gleichungen der BPA (Bonneville Power Administration: „Empirical Expressions for calculating High Voltage Transmissions Corona Phenomena“) sowie der EPRI (Transmission Line Reference Book - 345 kV and above, Electric Power Research Institute) genutzt. Zur finalen Auswertung kommen dann diejenigen Ansätze, die zu den maximalen Immissionsbeiträgen führen (worst-case). Im vorliegenden Fall ist dies stets die Berechnung gemäß BPA.

Das Standardmastfeld in der vorliegend untersuchten Variante ist weiterhin durch folgende technischen Parameter gekennzeichnet:

Masttyp:	D82/19/21 WA1+15
Mastfeldlänge:	500 m
Unterster Leiter am Mast:	38,5 m
Minimaler Bodenabstand:	12,5 m
Maximaler Stromfluss:	4000 A
Nennspannung:	380-kV (gerechnet mit 430-kV)
Phasenbelegung:	123 123
Leiterseil:	2 x 3 x 4 x 550-AL1/71-ST1A

Um eine gegenseitige Beeinflussung zu berücksichtigen und so eine praxisorientierte Untersuchung zu gewährleisten, wird in allen Fällen eine Aneinanderreihung mehrerer Spannfelder modelliert. Die nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch das 3-dimensionale Rechenmodell, welches das Standardmastfeld umsetzt.

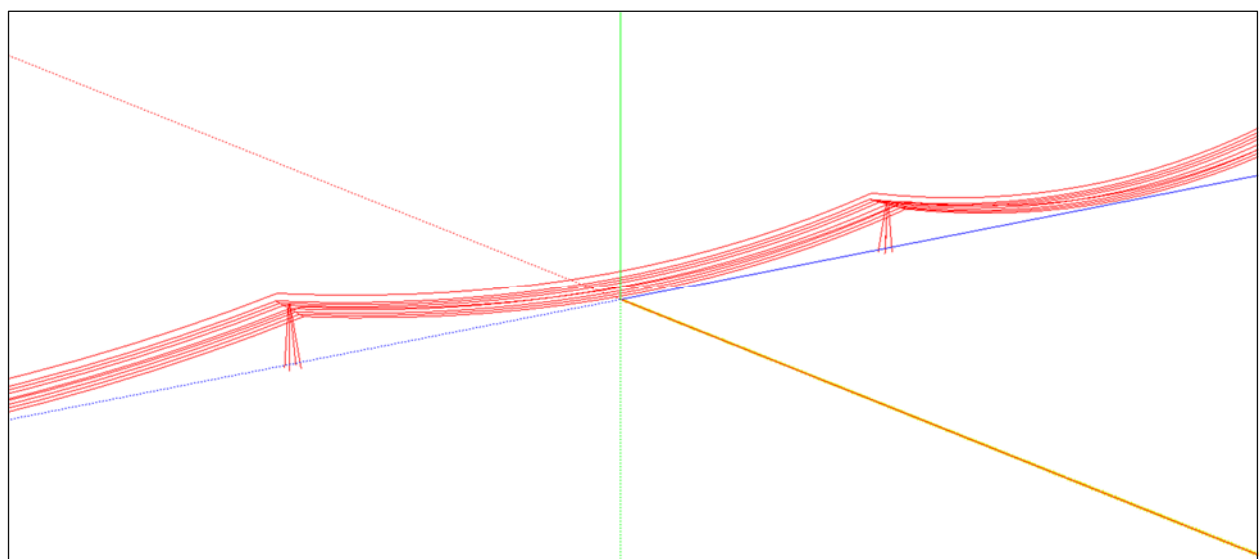


ABBILDUNG 1: 3-DIMENSIONALES RECHENMODELL

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 5 -

2 Rechenparameter und Ausgabe

Die modellhafte Quellenstruktur eines durchhängenden Leiterbündels zwischen zwei Masten besteht aus mehreren geradlinigen Linienquellen. Im vorliegenden Fall werden für jedes Leiterbündel 16 geometrische Segmente berücksichtigt. Die Zuweisung der ermittelten längenbezogenen Schallleistungspegel (8 Pegel je Leiterbündel und Spannfeld) erfolgt gleichmäßig auf die einzelnen Segmente.

Die den Berechnungen zugrunde gelegten Umgebungsbedingungen Lufttemperatur und relative Luftfeuchte werden im pragmatischen Sinne bei 10°C und 70 % berücksichtigt. Für die langzeitige Prognose von Koronageräuschen ist so mit Blick auf die jahreszeitlichen Durchschnittswerte gemäß Deutschem Wetterdienst mit den geringsten Abweichungen für relevante Immissionsentfernungen zu rechnen.

Für die überwiegend hochliegenden Leiterseilquellen wird die Bodendämpfung gemäß der Alternativgleichung 10 nach DIN ISO 9613-2 als allgemeingültigere genutzt. Im Mittel waren hiermit für typische, kritische Praxisbeispiele geringere Abweichungen im Mess-Berechnungsvergleich feststellbar. Gleichzeitig liegen die im Nahbereich berechneten Immissionspegel ausreichend sicher über den Messwerten. Eine spezielle Modellierung der verschiedenen Bodenbeschaffenheiten mit differierenden Bodenfaktoren wird deshalb im Rechenmodell nicht vorgenommen.

Bzgl. des meteorologischen Einflusses wird konservativ ein Wert von $C_0 = 0$ dB berücksichtigt. Es wird also grundlegend von einer Mit-Wind-Situation ausgegangen. Hierbei werden Windgeschwindigkeiten von 1 bis 5 m innerhalb eines Winkels von $\pm 45^\circ$ bezogen auf die Gerade von Quelle zum Aufpunkt zugrunde gelegt.

Die Darstellung der Berechnungsergebnisse als Beurteilungspegel (Schalldruckpegel am Aufpunkt inkl. Zuschläge für Ton-, Informations- oder Impulshaltigkeit) erfolgt in Ergebnistabellen und Diagrammform in Abhängigkeit vom Abstand zur Trassenachse.

Gemäß § 49 Absatz 2b des EnWG sind Anlagengeräusche von Höchstspannungsnetzen als seltene Ereignisse zu verstehen. Aus diesem Grund wird zunächst der nächtliche Immissionsrichtwert von 55 dB(A) gemäß TA Lärm 6.3 herangezogen. Für den Vergleich mit den Immissionsrichtwerten für seltene Ergebnisse wird schließlich die Niederschlagsvariante „heavy Rain“ (entspricht 7,7 mm/h) berücksichtigt.

Aufgrund der aktuellen Diskussion um den benannten Passus des EnWG wird vorsorglich eine zusätzliche/ weiterführende Bewertung durchgeführt, bei der die Anlagengeräusche als regelmäßiges Ereignis verstanden werden. Hierbei wird demnach der jeweilige Immissionsrichtwert gemäß TA Lärm 6.1 angesetzt. Unter der Annahme, dass es sich um ein regelmäßiges Ereignis handelt, wird die Niederschlagsvariante „rainy weather“ (entspricht 2,5 mm/h) herangezogen.

In beiden berücksichtigten Niederschlagssituationen kann gemäß den Erfahrungen des Gutachters bzgl. deutschlandweiter Witterungssituationen von einer konservativen Herangehensweise ausgegangen werden.

Aus den praktischen Untersuchungen des Hessischen Landesamtes ergibt sich ein mittleres repräsentatives Relativspektrum (terzaufgelöst) im Frequenzbereich zwischen 8 Hz und 20 kHz. Dieses stellt den charakteristischen Verlauf von Leiterseilemissionen bei Niederschlagsereignissen als Nullsummenspektrum dar und wird vorliegend als grundlegender Emissionsparameter zur frequenzabhängigen Charakterisierung verwendet.

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 6 -

Typisch für den Frequenzverlauf ist der tonale Anteil bei 100 Hz sowie in verminderter Form bei 200 Hz. Die maßgeblichen Energieanteile finden sich mit ca. -10 dB(A) bis -12 dB(A) im Frequenzbereich zwischen 1,6 kHz und 8 kHz. Eine frequenzabhängige Darstellung findet sich nachfolgend.

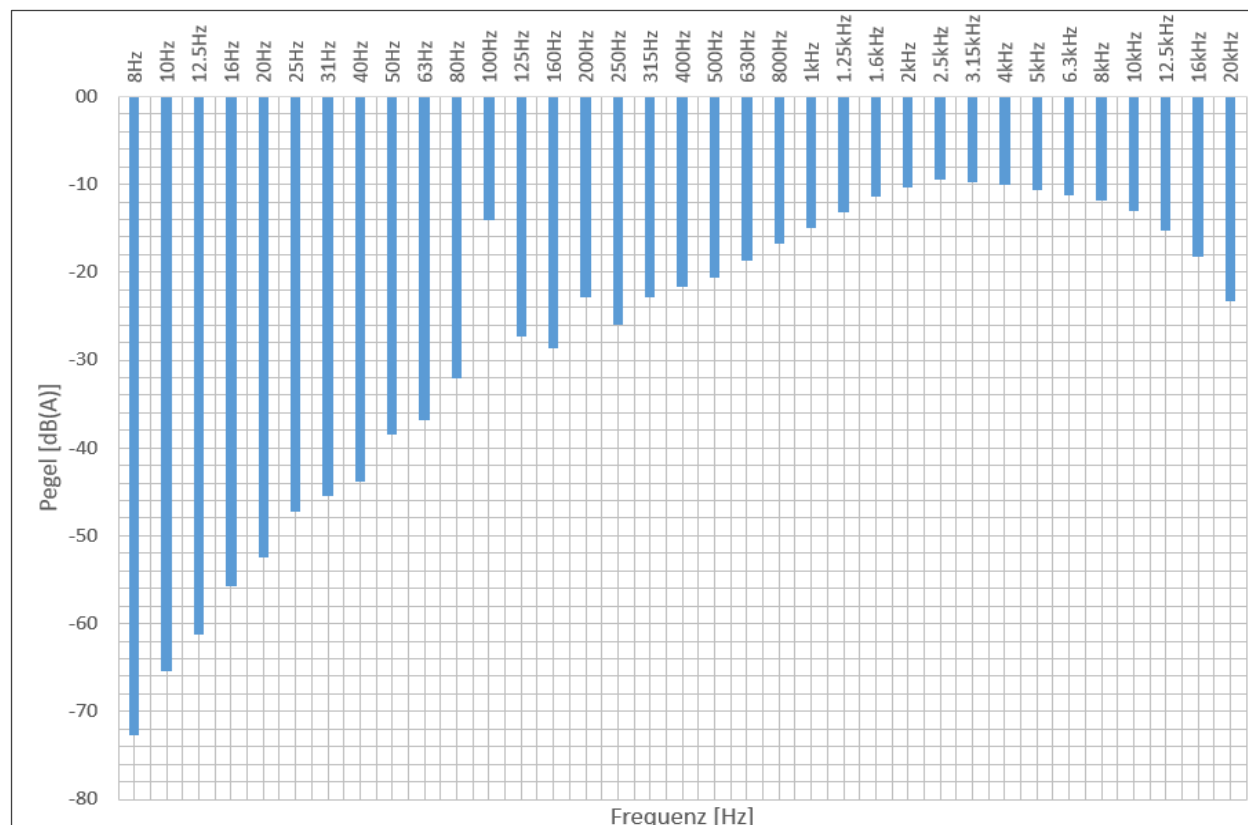


ABBILDUNG 2: RELATIVSPEKTRUM FÜR LEITERSEILEMISSIONEN BEI NIEDERSCHLAG

Die Komponente um die Terzmittenfrequenz von 100 Hz kann unter ungünstigen Umständen aus dem restliche Frequenzverlauf hervortreten und als Einzelton wahrnehmbar sein. Die Wahrnehmbarkeit ist hierbei grundsätzlich abhängig von der zugrunde gelegten Emissionssituation (Witterung) und dem Abstand des Aufpunktes zum Leiterseil. In Abhängigkeit der Niederschlagsstärke wird ein abstandsbedingter Tonhaltigkeitszuschlag wie folgt berücksichtigt:

$K_T = 3 \text{ dB}$ (schwacher Niederschlag, Abstand zum äußeren ruhenden Leiterseil $\leq 25 \text{ m}$)

$K_T = 3 \text{ dB}$ (schwacher Niederschlag, Abstand zum äußeren ruhenden Leiterseil $> 25 \text{ m}$)

$K_T = 3 \text{ dB}$ (starker Niederschlag, Abstand zum äußeren ruhenden Leiterseil $\leq 25 \text{ m}$)

$K_T = 0 \text{ dB}$ (starker Niederschlag, Abstand zum äußeren ruhenden Leiterseil $> 25 \text{ m}$)

Das von den Leiterbündeln ausgehende Geräusch enthält keine impulshaltigen Anteile und ist nicht informationshaltig. Vielmehr ist im Falle der Emission von einem statischen Geräusch auszugehen. Die Erkenntnisse zur Geräuschcharakteristik werden in den Ergebnisdarstellungen berücksichtigt, d.h. alle fixierten Beurteilungspegel enthalten vorsorglich den fixierten Tonhaltigkeitszuschlag.

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 7 -

3 Anwendung des Standardmastfeldes im Prüfverfahren

3.1 Allgemeine Hinweise

Die vorliegenden Musterbetrachtungen im Standardmastfeld dienen der Abschätzung der Beurteilungspegel an konkreten Immissionsorten unter der Maßgabe einer konservativen Herangehensweise. Die ermittelten Immissionspegel fallen in der Regel höher aus, als etwaige - in einer konkreten situativen Begutachtung ermittelten - Pegel.

Bei der Anwendung des Standardmastfeldes bzw. den hieraus ermittelten Immissionsanteilen im definierten Abstand zur potentiellen Trassenachse sind folgende grundlegenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Der Vergleich der vorliegend ermittelten Immissionspegel erfolgt zunächst hinsichtlich der Festlegungen zu seltenen Ereignissen und die zutreffenden Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm 6.3. Dieses Vorgehen entspricht den aktuellen Festlegungen gemäß § 49 Absatz 2b des EnWG.
- Für die darüber hinaus vorsorglich durchgeführte Bewertung der Geräusche als regelmäßiges Ereignis wird die sog. „Irrelevanzgrenze“, welche sich aus den Bestimmungen gemäß Pkt. 3.2.1 der TA Lärm ergibt, herausgestellt. Hiernach ist grundlegend davon auszugehen, dass ein Immissionsbeitrag als nicht relevant anzusehen ist, sofern der entsprechende Beurteilungspegel den für den konkreten Immissionsort anzuwendenden Immissionsrichtwert gemäß TA Lärm 6.1 um wenigstens 6 dB unterschreitet. In einem weiteren Schritt wird dann auf den tatsächlichen Immissionsrichtwert abgestellt. Dies ist immer dann praktikabel, wenn eine Vorbelastung gemäß TA Lärm offensichtlich ausgeschlossen werden kann.
- Ein Vergleich von Beurteilungspegeln und Immissionsrichtwerten beschränkt sich vorliegend auf den sensibleren Nachtzeitraum zwischen 22:00 - 06:00 Uhr. Jegliche schalltechnischen Anforderungen des Tageszeitraumes zwischen 06:00 - 22:00 Uhr sind aufgrund der deutlich höheren Richtwerte und der statischen Geräuschcharakteristik automatisch erfüllt, wenn dies für den Nachtzeitraum nachweisbar ist.
- Die Immissionsrichtwerte sind abhängig von der entsprechenden Schutzwürdigkeit des Objektes. Als sensibelste Nutzung sind reine Wohngebiete, Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten zu verstehen, für die – sofern man von regelmäßigen Ereignissen ausgeht - ein nächtlicher Immissionsrichtwert von 35 dB(A) gilt.
- Aufgrund des Durchhangs der Leiterseile im Spannfeld ergeben sich bei gleichem seitlichem Abstand zur Trassenachse mitunter unterschiedliche Beurteilungspegel entlang des Spannfeldes. Daher wird vorliegend in „Mastposition“ und „Feldposition“ unterschieden. Der erste Aspekt charakterisiert hierbei einen Immissionsort seitlich des Mastes - also dem Bereich der Aufhängungspunkte mit den maximalen Seilhöhen. Der zweite Aspekt kennzeichnet einen Aufpunkt, der sich seitlich der Position des größten Durchhangs befindet.
- Die vorliegenden Betrachtungen zielen auf einen konservativen Charakter der Ergebnisse ab. Jedoch kann es im Praxisfall aufgrund einer sehr stark strukturierten Orografie oder der deutlich gewinkelten Anordnung der Spannfelder zu Abweichungen von den vorliegenden Ergebnissen kommen. Es wird daher in kritischen Fällen, die die oben genannten Eigenschaften aufweisen, eine situative Betrachtung bzw. die Rücksprache mit dem Gutachter empfohlen.

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 8 -

3.2 Ergebnisse unter Bezug auf § 49 Absatz 2b des EnWG

Versteht man die Geräuschemissionen der Leiterseile als seltene Ereignisse und zieht für die Bewertung die Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm 6.3 heran, so ergibt sich folgendes Ergebnis:

In allen Untersuchungsfällen wurden die Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm 6.3 unterschritten. Insofern ergeben sich keine Mindestabstände für Immissionshöhen bis 20 m.

Auf eine weiterführende Ergebnisdarstellung wird verzichtet. Es wird stattdessen auf die Berechnungsergebnisse zu regelmäßig auftretenden Geräuscheignisse verweisen, die tabellarisch und grafisch im Anhang des vorliegenden Dokumentes beigefügt sind.

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 9 -

3.3 Ergebnisse unter Bezug auf TA Lärm 3.2.1

Versteht man die Geräuschemissionen der Leiterseile als regelmäßige Ereignisse und zieht für die Bewertung die Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm 6.1 heran, so ergeben sich folgende Ergebnisse:

3.3.1 „Irrelevanzgrenze“

Die Auswertung der im Anhang fixierten Beurteilungspegel zeigt auch diejenigen Abstände zur Trassenachse, ab denen in Abhängigkeit des jeweiligen Gebietscharakters eine Relevanz der Freileitungsimmissionen nicht mehr gegeben erscheint. Befindet sich ein Immissionsort also in größerer Entfernung, kann davon ausgegangen werden, dass die Unterschreitung der Immissionsrichtwerte gemäß TA Lärm 6.1 wenigstens 6 dB(A) beträgt.

In den nachfolgenden Tabellen sind diese Abstände (in [m]) zur Trassenachse in Abhängigkeit der Gebietscharakteristik und der Immissionshöhe (Fensterposition) dargestellt. Industriegebiete werden nicht aufgeführt, da sich hier keine Relevanz von Leiterseilimmissionen ergibt.

TABELLE 1: MINDESTABSTAND IN BEZUG AUF DIE "IRRELEVANZ" - MASTPOSITION

Gebietscharakteristik	Immissionshöhe [m] - entspricht Fensterposition				
	2 m	5 m	8 m	10 m	20 m
TA Lärm 6.1.f reines Wohngebiet usw.	176	182	186	188	200
TA Lärm 6.1.e allgemeines Wohngebiet usw.	100	102	104	104	108
TA Lärm 6.1.d Mischgebiet usw.	40	40	42	42	46
TA Lärm 6.1.b Gewerbegebiet	-	-	-	-	-

TABELLE 2: MINDESTABSTAND IN BEZUG AUF DIE "IRRELEVANZ" - FELDPPOSITION

Gebietscharakteristik	Immissionshöhe [m] - entspricht Fensterposition				
	2 m	5 m	8 m	10 m	20 m
TA Lärm 6.1.f reines Wohngebiet usw.	162	168	172	176	176
TA Lärm 6.1.e allgemeines Wohngebiet usw.	92	96	102	104	104
TA Lärm 6.1.d Mischgebiet usw.	52	52	54	54	54
TA Lärm 6.1.b Gewerbegebiet	24	24	26	26	26

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 10 -

3.3.2 „Richtwertgrenze“

Die Auswertung der im Anhang fixierten Beurteilungspegel zeigt auch diejenigen Abstände zur Trassenachse, ab denen in Abhängigkeit des jeweiligen Gebietscharakters die Einhaltung/Unterschreitung der Richtwerte gemäß TA Lärm 6.1 gegeben ist. Befindet sich ein Immissionsort also in größerer Entfernung, kann davon ausgegangen werden, dass es zu keiner Richtwertüberschreitung kommt. Diese Abstände sind dann für eine Bewertung heranzuziehen, wenn im Bereich des jeweiligen Immissionsortes eine relevante Vorbelastung gemäß TA Lärm offensichtlich ausgeschlossen werden kann.

In den nachfolgenden Tabellen sind diese Abstände (in [m]) zur Trassenachse in Abhängigkeit der Gebietscharakteristik und der Immissionshöhe (Fensterposition) dargestellt. Industriegebiete werden nicht aufgeführt, da sich hier keine Relevanz von Leiterseilimmissionen ergibt.

TABELLE 3: MINDESTABSTAND IN BEZUG AUF DIE "RICHTWERTEINHALTUNG" - MASTPOSITION

Gebietscharakteristik	Immissionshöhe [m] - entspricht Fensterposition				
	2 m	5 m	8 m	10 m	20 m
TA Lärm 6.1.f reines Wohngebiet usw.	86	88	90	90	92
TA Lärm 6.1.e allgemeines Wohngebiet usw.	26	28	30	32	36
TA Lärm 6.1.d Mischgebiet usw.	-	-	-	-	-
TA Lärm 6.1.b Gewerbegebiet	-	-	-	-	-

TABELLE 4: MINDESTABSTAND IN BEZUG AUF DIE "RICHTWERTEINHALTUNG" - FELDPPOSITION

Gebietscharakteristik	Immissionshöhe [m] - entspricht Fensterposition				
	2 m	5 m	8 m	10 m	20 m
TA Lärm 6.1.f reines Wohngebiet usw.	82	88	90	92	92
TA Lärm 6.1.e allgemeines Wohngebiet usw.	46	46	46	46	46
TA Lärm 6.1.d Mischgebiet usw.	16	20	22	24	24
TA Lärm 6.1.b Gewerbegebiet	-	-	-	-	-

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 11 -

4 Arbeitsunterlagen

- /1/ BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz
- /2/ 4. BImSchV - Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
- /3/ TA Lärm - Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG
- /4/ DIN ISO 9613 - 2 Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- /5/ DIN 45645 - Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschemissionen
- /6/ vollständiges Standardmastfeldmodell im qsi-Format (inkl. segmentgenauer längenbezogener Schalleistungspegel); Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie GmbH
- /7/ Messtechnische Felduntersuchungen zu Koronageräuschen, Umwelt und Geologie, Lärmschutz in Hessen, Heft 5, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2015
- /8/ Handlungsempfehlungen für EMF- und Schallgutachten zu Hoch- und Höchstspannungstrassen in Bundesfachplanungs-, Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren, Stand 1. August 2017; Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
- /9/ Soundplan 7.4 der Berndt & Braunstein GmbH, EDV-Programm zur Berechnung und Beurteilung von Lärmimmissionen
- /10/ TA Lärm - Kommentar, Dr. jur. Gerhard Feldhaus, Dr. rer. nat. Klaus Tegeder; hrj-Verlag, 2014
- /11/ Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG)

Projekt	Standardmastfeld - Mast D82/19/21 WA1+15	
Vorhabenträger	50Hertz Transmission GmbH	
Bearbeiter	Beratende Ingenieure SHN GmbH	

- Seite 12 -

5 Qualität der Prognose

Die Dämpfung von Schall, der sich im Freien zwischen einer Schallquelle und einem Aufpunkt ausbreitet, fluktuiert aufgrund der Schwankungen in den Witterungsbedingungen auf dem Ausbreitungsweg sowie durch Dämpfung oder Abschirmung des Schalls durch Boden, Bewuchs und Hindernisse. In der vorliegenden Untersuchung werden breitbandige Geräuschquellen verwendet und eine Mitwindwetterlage berücksichtigt. Zudem erfolgen die Berechnungen für eine standardisierte Umgebung.

Die Prognosesicherheit wird im Hinblick DIN ISO 9613-2 Nr. 9 auf die oben genannten Randbedingungen summarisch mit +3/-3 dB(A) abgeschätzt.

Hinweise:

- Die Angabe der Prognosequalität dient ausschließlich der Qualifizierung der Ausbreitungsberechnung hinsichtlich der Anforderungen der TA Lärm und benennt zudem die Vertrauensbereichsgrenzen. Sie findet beim Vergleich der Ermittlungsergebnisse (hier: Beurteilungspegel) mit Richt- oder Grenzwerten keine Anwendung im Sinne einer Ergebnisanpassung. Dies entspricht der gutachterlichen Praxis und wird durch Sachverständige für Lärmschutz sowie anerkannte Messstellen in Prognosefahren für Schall konsequent angewandt.
- Eine maßgebliche Ursache des direkten Vergleiches der Ermittlungsergebnisse mit dem jeweiligen Richt- oder Grenzwert liegt in der durchgehend konservativen Betrachtungsmethodik. So wird stets eine sog. "Maximalfall-" oder auch "worst-case-Situation" abgebildet, welche die ungünstigste Betriebssituation beschreibt. Hierzu gehören z.B. die zugrunde gelegten Auslastungsmerkmale (z.B. theoretische Maximallast), Einwirkzeiten (z.B. Dauerlast) und Witterungsbedingungen (z.B. Mitwindbedingungen). Insbesondere im Bereich der vorliegenden Untersuchungen zu Koronageräuschen werden zudem verschiedene Emissionsansätze gleichzeitig untersucht (EPRI, BPA), wobei stets derjenige Ansatz mit den höchsten resultierenden Emissionseigenschaften verfolgt wird. Hier lassen sich methodische Planungssicherheiten von mehreren Dezibel abschätzen.

Ungenauigkeiten werden folglich durch die zuvor beschriebenen Planungssicherheiten vollständig kompensiert, so dass die Ergebnisse schließlich im Regelfall auf der sicheren Seite liegen.

6 Anhänge

5 Seiten DIN A4 - Ergebnistabellen

- Ergebnistabelle - Mastposition
- Ergebnistabelle - Feldposition

2 Seiten DIN A4 - Ergebnisdiagramme

- Ergebnisdiagramm - Mastposition
- Ergebnisdiagramm - Feldposition

Beurteilungspegel in dB(A) in Abhängigkeit vom					
- horizontalen Abstand des Aufpunktes zur Trassenachse					
- Höhe des Immissionsortes über Grund					
Immissionsort "auf Höhe" des Maststandortes					
Position:	2 x 3 x 4 x 550-AL1/71-ST1A				
Leiterseil:	D82/19/21 WA1+15				
Mastkonfiguration	3 dB (inklusive)				
Abstand	Immissionsorthöhe [m]				
[m]	2	5	8	10	20
0	40,8	41,0	41,2	41,3	42,3
2	40,8	41,0	41,1	41,3	42,3
4	40,8	41,0	41,1	41,3	42,3
6	40,8	40,9	41,1	41,2	42,3
8	40,8	40,9	41,1	41,2	42,3
10	40,7	40,9	41,0	41,2	42,2
12	40,7	40,8	41,0	41,1	42,2
14	40,6	40,7	40,9	41,0	42,1
16	40,5	40,7	40,8	41,0	42,0
18	40,4	40,6	40,7	40,9	41,9
20	40,3	40,5	40,6	40,8	41,7
22	40,2	40,4	40,5	40,6	41,6
24	40,1	40,2	40,4	40,5	41,4
26	40,0	40,1	40,3	40,4	41,1
28	39,9	40,0	40,1	40,2	40,9
30	39,7	39,8	40,0	40,1	40,7
32	39,6	39,7	39,8	39,9	40,4
34	39,4	39,5	39,6	39,7	40,2
36	39,3	39,4	39,5	39,5	40,0
38	39,1	39,2	39,3	39,4	39,7
40	38,9	39,0	39,1	39,2	39,5
42	38,8	38,8	38,9	39,0	39,3
44	38,6	38,7	38,8	38,8	39,1
46	38,4	38,5	38,6	38,6	38,9
48	38,2	38,3	38,4	38,5	38,7
50	38,1	38,1	38,2	38,3	38,5
52	37,9	38,0	38,0	38,1	38,3
54	37,7	37,8	37,9	37,9	38,1
56	37,5	37,6	37,7	37,7	37,9
58	37,4	37,4	37,5	37,6	37,7
60	37,2	37,3	37,3	37,4	37,5
62	37,0	37,1	37,2	37,2	37,4
64	36,8	36,9	37,0	37,0	37,2
66	36,7	36,8	36,8	36,9	37,0
68	36,5	36,6	36,7	36,7	36,8
70	36,3	36,4	36,5	36,5	36,7
72	36,1	36,3	36,3	36,4	36,5
74	36,0	36,1	36,2	36,2	36,4
76	35,8	35,9	36,0	36,1	36,2
78	35,7	35,8	35,9	35,9	36,0
80	35,5	35,6	35,7	35,7	35,9
82	35,3	35,4	35,5	35,6	35,7
84	35,2	35,3	35,4	35,4	35,6
86	35,0	35,1	35,2	35,3	35,4
88	34,9	35,0	35,1	35,1	35,3
90	34,7	34,8	34,9	35,0	35,2
92	34,5	34,7	34,8	34,8	35,0
94	34,4	34,5	34,6	34,7	34,9
96	34,2	34,4	34,5	34,6	34,7
98	34,1	34,2	34,3	34,4	34,6
100	33,9	34,1	34,2	34,3	34,5
102	33,8	33,9	34,1	34,1	34,3
104	33,6	33,8	33,9	34,0	34,2
106	33,5	33,7	33,8	33,9	34,1
108	33,4	33,5	33,6	33,7	34,0
110	33,2	33,4	33,5	33,6	33,8
112	33,1	33,2	33,4	33,5	33,7
114	32,9	33,1	33,2	33,3	33,6
116	32,8	33,0	33,1	33,2	33,5
118	32,6	32,8	33,0	33,1	33,3
120	32,5	32,7	32,8	32,9	33,2
122	32,4	32,6	32,7	32,8	33,1
124	32,2	32,4	32,6	32,7	33,0
126	32,1	32,3	32,5	32,5	32,9
128	31,9	32,2	32,3	32,4	32,7
130	31,8	32,0	32,2	32,3	32,6
132	31,7	31,9	32,1	32,2	32,5
134	31,5	31,8	31,9	32,0	32,4
136	31,4	31,6	31,8	31,9	32,3
138	31,3	31,5	31,7	31,8	32,2
140	31,1	31,4	31,6	31,7	32,1
142	31,0	31,2	31,4	31,6	32,0
144	30,9	31,1	31,3	31,4	31,8
146	30,8	31,0	31,2	31,3	31,7
148	30,6	30,9	31,1	31,2	31,6
150	30,5	30,7	31,0	31,1	31,5
152	30,4	30,6	30,8	31,0	31,4
154	30,2	30,5	30,7	30,8	31,3
156	30,1	30,4	30,6	30,7	31,2
158	30,0	30,3	30,5	30,6	31,1
160	29,9	30,1	30,4	30,5	31,0
162	29,8	30,0	30,2	30,4	30,9
164	29,6	29,9	30,1	30,3	30,8
166	29,5	29,8	30,0	30,2	30,7
168	29,4	29,7	29,9	30,0	30,6
170	29,3	29,5	29,8	29,9	30,5
172	29,2	29,4	29,7	29,8	30,4
174	29,1	29,3	29,6	29,7	30,3
176	28,9	29,2	29,4	29,6	30,2
178	28,8	29,1	29,3	29,5	30,1
180	28,7	29,0	29,2	29,4	30,0
182	28,6	28,9	29,1	29,3	29,9
184	28,5	28,8	29,0	29,2	29,8
186	28,4	28,7	28,9	29,1	29,7

Beurteilungspegel in dB(A) in Abhängigkeit vom					
- horizontalen Abstand des Aufpunktes zur Trassenachse					
- Höhe des Immissionsortes über Grund					
Immissionsort "auf Höhe" der Spannfeldmitte					
Position:	2 x 3 x 4 x 550-AL1/71-ST1A				
Leiterseil:	D82/19/21 WA1+15				
Mastkonfiguration	3 dB (inklusive)				
Abstand	Immissionsorthöhe [m]				
[m]	2	5	8	10	20
0	44,7	44,8	45,0	45,0	45,0
2	44,7	44,9	45,1	45,1	45,1
4	44,8	45,0	45,3	45,4	45,4
6	44,8	45,1	45,6	46,0	46,0
8	44,9	45,3	45,9	46,8	46,8
10	45,0	45,4	46,3	47,1	47,1
12	45,0	45,5	46,6	47,6	47,6
14	45,0	45,5	46,7	48,4	48,4
16	44,9	45,4	46,5	47,9	47,9
18	44,7	45,1	46,1	47,0	47,0
20	44,4	44,8	45,5	46,4	46,4
22	44,1	44,4	45,0	45,5	45,5
24	43,7	44,0	44,3	44,6	44,6
26	43,3	43,5	43,7	43,9	43,9
28	42,9	43,1	43,2	43,3	43,3
30	42,5	42,7	42,7	42,8	42,8
32	42,2	42,3	42,3	42,3	42,3
34	41,8	41,9	41,9	41,9	41,9
36	41,4	41,5	41,5	41,5	41,5
38	41,1	41,1	41,2	41,2	41,2
40	40,7	40,8	40,8	40,8	40,8
42	40,4	40,5	40,5	40,5	40,5
44	40,1	40,2	40,2	40,2	40,2
46	39,8	39,9	39,9	39,9	39,9
48	39,4	39,6	39,6	39,6	39,6
50	39,1	39,3	39,4	39,4	39,4
52	38,9	39,0	39,1	39,1	39,1
54	38,6	38,8	38,9	38,9	38,9
56	38,3	38,5	38,6	38,6	38,6
58	38,0	38,3	38,4	38,4	38,4
60	37,7	38,0	38,1	38,2	38,2
62	37,5	37,8	37,9	38,0	38,0
64	37,2	37,5	37,7	37,7	37,7
66	37,0	37,3	37,5	37,5	37,5
68	36,7	37,0	37,3	37,3	37,3
70	36,5	36,8	37,0	37,1	37,1
72	36,2	36,6	36,8	36,9	36,9
74	36,0	36,4	36,6	36,7	36,7
76	35,8	36,1	36,4	36,5	36,5
78	35,5	35,9	36,2	36,3	36,3
80	35,3	35,7	36,0	36,1	36,1
82	35,0	35,5	35,8	35,9	35,9
84	34,8	35,3	35,6	35,7	35,7
86	34,6	35,1	35,4	35,6	35,6
88	34,3	34,9	35,2	35,4	35,4
90	34,1	34,7	35,0	35,2	35,2
92	33,9	34,4	34,8	35,0	35,0
94	33,7	34,2	34,6	34,8	34,8
96	33,5	34,0	34,5	34,6	34,6
98	33,3	33,8	34,3	34,5	34,5
100	33,1	33,6	34,1	34,3	34,3
102	33,0	33,4	33,9	34,1	34,1
104	32,8	33,2	33,7	33,9	33,9
106	32,6	33,1	33,5	33,8	33,8
108	32,4	32,9	33,3	33,6	33,6
110	32,3	32,7	33,1	33,4	33,4
112	32,1	32,5	33,0	33,2	33,2
114	32,0	32,4	32,8	33,1	33,1
116	31,8	32,2	32,6	32,9	32,9
118	31,7	32,1	32,5	32,7	32,7
120	31,5	31,9	32,3	32,6	32,6
122	31,4	31,8	32,1	32,4	32,4
124	31,2	31,6	32,0	32,2	32,2
126	31,1	31,5	31,8	32,1	32,1
128	31,0	31,3	31,7	31,9	31,9
130	30,8	31,2	31,5	31,8	31,8
132	30,7	31,1	31,4	31,6	31,6
134	30,6	30,9	31,3	31,5	31,5
136	30,5	30,8	31,1	31,3	31,3
138	30,3	30,7	31,0	31,2	31,2
140	30,2	30,5	30,9	31,1	31,1
142	30,1	30,4	30,7	30,9	30,9
144	30,0	30,3	30,6	30,8	30,8
146	29,9	30,2	30,5	30,7	30,7
148	29,8	30,1	30,4	30,6	30,6
150	29,7	30,0	30,2	30,4	30,4
152	29,5	29,8	30,1	30,3	30,3
154	29,4	29,7	30,0	30,2	30,2
156	29,3	29,6	29,9	30,1	30,1
158	29,2	29,5	29,8	30,0	30,0
160	29,1	29,4	29,7	29,9	29,9
162	29,0	29,3	29,6	29,7	29,7
164	28,9	29,2	29,5	29,6	29,6
166	28,8	29,1	29,4	29,5	29,5
168	28,7	29,0	29,2	29,4	29,4
170	28,6	28,9	29,1	29,3	29,3
172	28,5	28,8	29,0	29,2	29,2
174	28,4	28,7	28,9	29,1	29,1
176	28,3	28,6	28,8	29,0	29,0
178	28,3	28,5	28,7	28,9	28,9
180	28,2	28,4	28,6	28,8	28,8
182	28,1	28,3	28,6	28,7	28,7
184	28,0	28,2	28,5	28,6	28,6
186	27,9	28,1	28,4	28,5	28,5

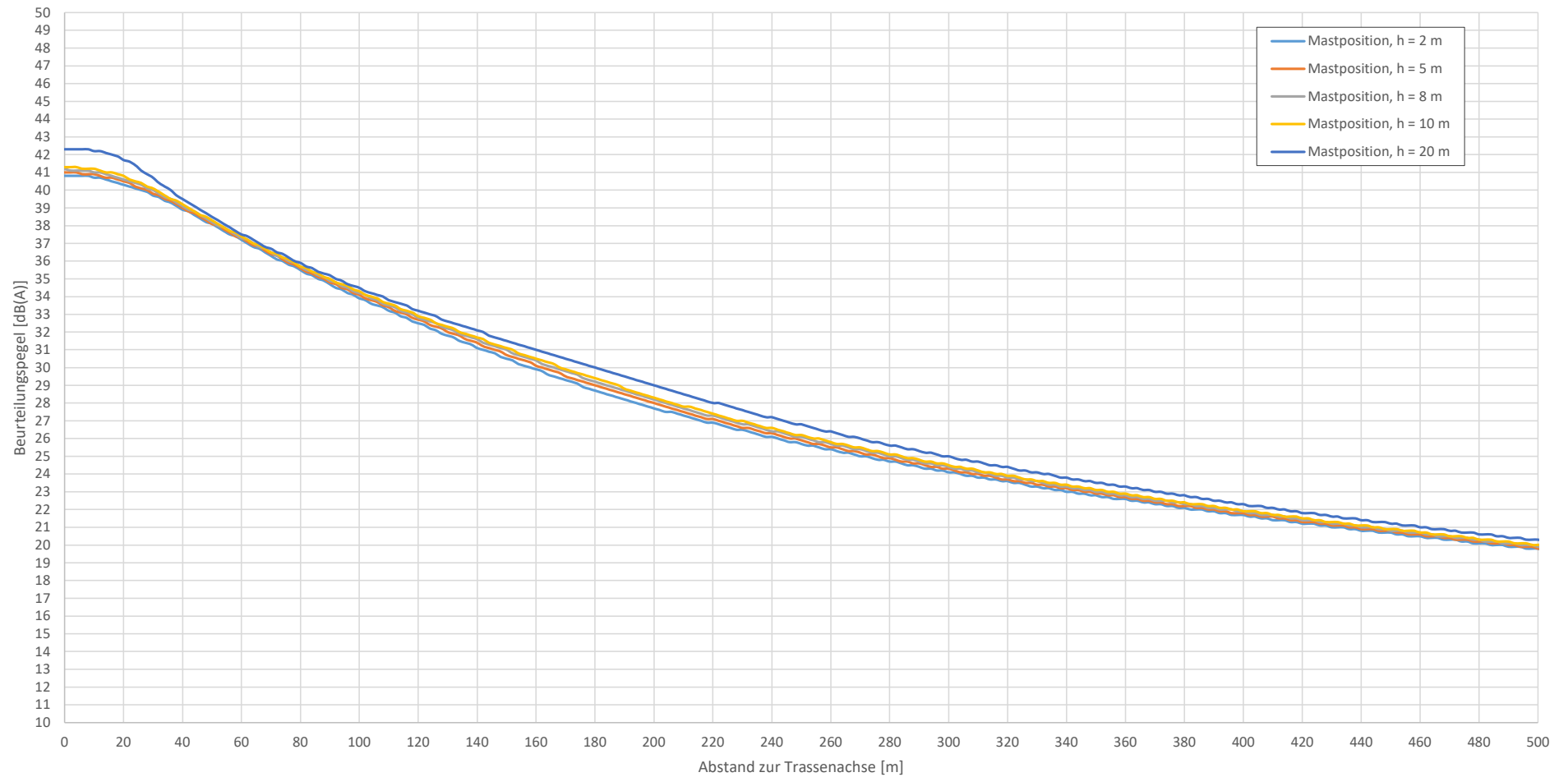
188	28,3	28,6	28,8	29,0	29,6
190	28,2	28,5	28,7	28,8	29,5
192	28,1	28,4	28,6	28,7	29,4
194	28,0	28,3	28,5	28,6	29,3
196	27,9	28,2	28,4	28,5	29,2
198	27,8	28,1	28,3	28,4	29,1
200	27,7	28,0	28,2	28,3	29,0
202	27,6	27,9	28,1	28,2	28,9
204	27,5	27,8	28,0	28,1	28,8
206	27,5	27,7	27,9	28,0	28,7
208	27,4	27,6	27,8	27,9	28,6
210	27,3	27,5	27,7	27,8	28,5
212	27,2	27,4	27,6	27,8	28,4
214	27,1	27,3	27,5	27,7	28,3
216	27,0	27,2	27,4	27,6	28,2
218	26,9	27,1	27,3	27,5	28,1
220	26,9	27,1	27,3	27,4	28,0
222	26,8	27,0	27,2	27,3	28,0
224	26,7	26,9	27,1	27,2	27,9
226	26,6	26,8	27,0	27,1	27,8
228	26,5	26,7	26,9	27,0	27,7
230	26,5	26,6	26,8	27,0	27,6
232	26,4	26,6	26,8	26,9	27,5
234	26,3	26,5	26,7	26,8	27,4
236	26,2	26,4	26,6	26,7	27,3
238	26,1	26,3	26,5	26,6	27,2
240	26,1	26,3	26,4	26,6	27,2
242	26,0	26,2	26,4	26,5	27,1
244	25,9	26,1	26,3	26,4	27,0
246	25,8	26,0	26,2	26,3	26,9
248	25,8	26,0	26,1	26,2	26,8
250	25,7	25,9	26,1	26,2	26,8
252	25,6	25,8	26,0	26,1	26,7
254	25,6	25,7	25,9	26,0	26,6
256	25,5	25,7	25,8	26,0	26,5
258	25,4	25,6	25,8	25,9	26,4
260	25,4	25,5	25,7	25,8	26,4
262	25,3	25,5	25,6	25,7	26,3
264	25,2	25,4	25,6	25,7	26,2
266	25,2	25,3	25,5	25,6	26,1
268	25,1	25,3	25,4	25,5	26,1
270	25,0	25,2	25,4	25,5	26,0
272	25,0	25,1	25,3	25,4	25,9
274	24,9	25,1	25,2	25,3	25,8
276	24,8	25,0	25,2	25,3	25,8
278	24,8	24,9	25,1	25,2	25,7
280	24,7	24,9	25,0	25,1	25,6
282	24,7	24,8	25,0	25,1	25,6
284	24,6	24,7	24,9	25,0	25,5
286	24,5	24,7	24,8	24,9	25,4
288	24,5	24,6	24,8	24,9	25,4
290	24,4	24,6	24,7	24,8	25,3
292	24,3	24,5	24,6	24,7	25,2
294	24,3	24,4	24,6	24,7	25,2
296	24,2	24,4	24,5	24,6	25,1
298	24,2	24,3	24,5	24,6	25,0
300	24,1	24,3	24,4	24,5	25,0
302	24,1	24,2	24,3	24,4	24,9
304	24,0	24,1	24,3	24,4	24,8
306	23,9	24,1	24,2	24,3	24,8
308	23,9	24,0	24,2	24,3	24,7
310	23,8	24,0	24,1	24,2	24,7
312	23,8	23,9	24,1	24,1	24,6
314	23,7	23,9	24,0	24,1	24,5
316	23,7	23,8	23,9	24,0	24,5
318	23,6	23,7	23,9	24,0	24,4
320	23,6	23,7	23,8	23,9	24,4
322	23,5	23,6	23,8	23,9	24,3
324	23,5	23,6	23,7	23,8	24,2
326	23,4	23,5	23,7	23,7	24,2
328	23,3	23,5	23,6	23,7	24,1
330	23,3	23,4	23,6	23,6	24,1
332	23,2	23,4	23,5	23,6	24,0
334	23,2	23,3	23,4	23,5	24,0
336	23,1	23,3	23,4	23,5	23,9
338	23,1	23,2	23,3	23,4	23,8
340	23,0	23,2	23,3	23,4	23,8
342	23,0	23,1	23,2	23,3	23,7
344	22,9	23,1	23,2	23,3	23,7
346	22,9	23,0	23,1	23,2	23,6
348	22,8	23,0	23,1	23,2	23,6
350	22,8	22,9	23,0	23,1	23,5
352	22,7	22,9	23,0	23,1	23,5
354	22,7	22,8	22,9	23,0	23,4
356	22,6	22,8	22,9	23,0	23,4
358	22,6	22,7	22,8	22,9	23,3
360	22,6	22,7	22,8	22,9	23,3
362	22,5	22,6	22,7	22,8	23,2
364	22,5	22,6	22,7	22,8	23,2
366	22,4	22,5	22,6	22,7	23,1
368	22,4	22,5	22,6	22,7	23,1
370	22,3	22,4	22,5	22,6	23,0
372	22,3	22,4	22,5	22,6	23,0
374	22,2	22,3	22,5	22,5	22,9
376	22,2	22,3	22,4	22,5	22,9
378	22,1	22,2	22,4	22,4	22,8
380	22,1	22,2	22,3	22,4	22,8
382	22,0	22,2	22,3	22,3	22,7
384	22,0	22,1	22,2	22,3	22,7
386	22,0	22,1	22,2	22,3	22,6
388	21,9	22,0	22,1	22,2	22,6
390	21,9	22,0	22,1	22,2	22,5
392	21,8	21,9	22,0	22,1	22,5

188	27,8	28,0	28,3	28,4	28,4
190	27,7	28,0	28,2	28,3	28,3
192	27,6	27,9	28,1	28,2	28,2
194	27,6	27,8	28,0	28,1	28,1
196	27,5	27,7	27,9	28,1	28,1
198	27,4	27,6	27,8	28,0	28,0
200	27,3	27,5	27,7	27,9	27,9
202	27,2	27,4	27,7	27,8	27,8
204	27,2	27,4	27,6	27,7	27,7
206	27,1	27,3	27,5	27,6	27,6
208	27,0	27,2	27,4	27,5	27,5
210	26,9	27,1	27,3	27,5	27,5
212	26,8	27,0	27,2	27,4	27,4
214	26,8	27,0	27,2	27,3	27,3
216	26,7	26,9	27,1	27,2	27,2
218	26,6	26,8	27,0	27,1	27,1
220	26,5	26,7	26,9	27,1	27,1
222	26,5	26,7	26,8	27,0	27,0
224	26,4	26,6	26,8	26,9	26,9
226	26,3	26,5	26,7	26,8	26,8
228	26,2	26,4	26,6	26,7	26,7
230	26,2	26,4	26,5	26,7	26,7
232	26,1	26,3	26,5	26,6	26,6
234	26,0	26,2	26,4	26,5	26,5
236	26,0	26,2	26,3	26,4	26,4
238	25,9	26,1	26,3	26,4	26,4
240	25,8	26,0	26,2	26,3	26,3
242	25,8	25,9	26,1	26,2	26,2
244	25,7	25,9	26,0	26,2	26,2
246	25,6	25,8	26,0	26,1	26,1
248	25,6	25,7	25,9	26,0	26,0
250	25,5	25,7	25,8	26,0	26,0
252	25,4	25,6	25,8	25,9	25,9
254	25,4	25,5	25,7	25,8	25,8
256	25,3	25,5	25,6	25,7	25,7
258	25,2	25,4	25,6	25,7	25,7
260	25,2	25,3	25,5	25,6	25,6
262	25,1	25,3	25,4	25,6	25,6
264	25,1	25,2	25,4	25,5	25,5
266	25,0	25,2	25,3	25,4	25,4
268	24,9	25,1	25,3	25,4	25,4
270	24,9	25,0	25,2	25,3	25,3
272	24,8	25,0	25,1	25,2	25,2
274	24,8	24,9	25,1	25,2	25,2
276	24,7	24,8	25,0	25,1	25,1
278	24,6	24,8	24,9	25,0	25,0
280	24,6	24,7	24,9	25,0	25,0
282	24,5	24,7	24,8	24,9	24,9
284	24,5	24,6	24,8	24,9	24,9
286	24,4	24,6	24,7	24,8	24,8
288	24,3	24,5	24,6	24,7	24,7
290	24,3	24,4	24,6	24,7	24,7
292	24,2	24,4	24,5	24,6	24,6
294	24,2	24,3	24,5	24,6	24,6
296	24,1	24,3	24,4	24,5	24,5
298	24,1	24,2	24,3	24,4	24,4
300	24,0	24,2	24,3	24,4	24,4
302	24,0	24,1	24,2	24,3	24,3
304	23,9	24,0	24,2	24,3	24,3
306	23,8	24,0	24,1	24,2	24,2
308	23,8	23,9	24,1	24,2	24,2
310	23,7	23,9	24,0	24,1	24,1
312	23,7	23,8	24,0	24,0	24,0
314	23,6	23,8	23,9	24,0	24,0
316	23,6	23,7	23,9	23,9	23,9
318	23,5	23,7	23,8	23,9	23,9
320	23,5	23,6	23,7	23,8	23,8
322	23,4	23,6	23,7	23,8	23,8
324	23,4	23,5	23,6	23,7	23,7
326	23,3	23,5	23,6	23,7	23,7
328	23,3	23,4	23,5	23,6	23,6
330	23,2	23,4	23,5	23,6	23,6
332	23,2	23,3	23,4	23,5	23,5
334	23,1	23,3	23,4	23,5	23,5
336	23,1	23,2	23,3	23,4	23,4
338	23,0	23,2	23,3	23,4	23,4
340	23,0	23,1	23,2	23,3	23,3
342	22,9	23,1	23,2	23,3	23,3
344	22,9	23,0	23,1	23,2	23,2
346	22,8	23,0	23,1	23,2	23,2
348	22,8	22,9	23,0	23,1	23,1
350	22,7	22,9	23,0	23,1	23,1
352	22,7	22,8	22,9	23,0	23,0
354	22,6	22,8	22,9	23,0	23,0
356	22,6	22,7	22,8	22,9	22,9
358	22,6	22,7	22,8	22,9	22,9
360	22,5	22,6	22,7	22,8	22,8
362	22,5	22,6	22,7	22,8	22,8
364	22,4	22,5	22,6	22,7	22,7
366	22,4	22,5	22,6	22,7	22,7
368	22,3	22,4	22,6	22,6	22,6
370	22,3	22,4	22,5	22,6	22,6
372	22,2	22,3	22,5	22,5	22,5
374	22,2	22,3	22,4	22,5	22,5
376	22,1	22,3	22,4	22,4	22,4
378	22,1	22,2	22,3	22,4	22,4
380	22,1	22,2	22,3	22,4	22,4
382	22,0	22,1	22,2	22,3	22,3
384	22,0	22,1	22,2	22,3	22,3
386	21,9	22,0	22,1	22,2	22,2
388	21,9	22,0	22,1	22,2	22,2
390	21,8	22,0	22,1	22,1	22,1
392	21,8	21,9	22,0	22,1	22,1

394	21,8	21,9	22,0	22,1	22,4
396	21,7	21,8	22,0	22,0	22,4
398	21,7	21,8	21,9	22,0	22,3
400	21,7	21,8	21,9	21,9	22,3
402	21,6	21,7	21,8	21,9	22,2
404	21,6	21,7	21,8	21,9	22,2
406	21,5	21,6	21,7	21,8	22,2
408	21,5	21,6	21,7	21,8	22,1
410	21,4	21,6	21,7	21,7	22,1
412	21,4	21,5	21,6	21,7	22,0
414	21,4	21,5	21,6	21,6	22,0
416	21,3	21,4	21,5	21,6	21,9
418	21,3	21,4	21,5	21,6	21,9
420	21,2	21,3	21,4	21,5	21,8
422	21,2	21,3	21,4	21,5	21,8
424	21,2	21,3	21,4	21,4	21,8
426	21,1	21,2	21,3	21,4	21,7
428	21,1	21,2	21,3	21,3	21,7
430	21,0	21,1	21,2	21,3	21,6
432	21,0	21,1	21,2	21,3	21,6
434	21,0	21,1	21,2	21,2	21,5
436	20,9	21,0	21,1	21,2	21,5
438	20,9	21,0	21,1	21,1	21,5
440	20,8	20,9	21,0	21,1	21,4
442	20,8	20,9	21,0	21,1	21,4
444	20,8	20,9	21,0	21,0	21,3
446	20,7	20,8	20,9	21,0	21,3
448	20,7	20,8	20,9	20,9	21,3
450	20,7	20,8	20,8	20,9	21,2
452	20,6	20,7	20,8	20,9	21,2
454	20,6	20,7	20,8	20,8	21,1
456	20,5	20,6	20,7	20,8	21,1
458	20,5	20,6	20,7	20,8	21,1
460	20,5	20,6	20,7	20,7	21,0
462	20,4	20,5	20,6	20,7	21,0
464	20,4	20,5	20,6	20,6	20,9
466	20,4	20,5	20,5	20,6	20,9
468	20,3	20,4	20,5	20,6	20,9
470	20,3	20,4	20,5	20,5	20,8
472	20,3	20,3	20,4	20,5	20,8
474	20,2	20,3	20,4	20,5	20,7
476	20,2	20,3	20,4	20,4	20,7
478	20,1	20,2	20,3	20,4	20,7
480	20,1	20,2	20,3	20,3	20,6
482	20,1	20,2	20,2	20,3	20,6
484	20,0	20,1	20,2	20,3	20,6
486	20,0	20,1	20,2	20,2	20,5
488	20,0	20,1	20,1	20,2	20,5
490	19,9	20,0	20,1	20,2	20,4
492	19,9	20,0	20,1	20,1	20,4
494	19,9	19,9	20,0	20,1	20,4
496	19,8	19,9	20,0	20,1	20,3
498	19,8	19,9	20,0	20,0	20,3
500	19,8	19,8	19,9	20,0	20,3
502	19,7	19,8	19,9	20,0	20,2
504	19,7	19,8	19,9	19,9	20,2
506	19,7	19,7	19,8	19,9	20,2
508	19,6	19,7	19,8	19,8	20,1
510	19,6	19,7	19,8	19,8	20,1
512	19,6	19,6	19,7	19,8	20,0
514	19,5	19,6	19,7	19,7	20,0
516	19,5	19,6	19,7	19,7	20,0
518	19,5	19,5	19,6	19,7	19,9
520	19,4	19,5	19,6	19,6	19,9
522	19,4	19,5	19,6	19,6	19,9
524	19,4	19,4	19,5	19,6	19,8
526	19,3	19,4	19,5	19,5	19,8
528	19,3	19,4	19,5	19,5	19,8
530	19,3	19,3	19,4	19,5	19,7
532	19,2	19,3	19,4	19,4	19,7
534	19,2	19,3	19,4	19,4	19,7
536	19,2	19,2	19,3	19,4	19,6
538	19,1	19,2	19,3	19,3	19,6
540	19,1	19,2	19,3	19,3	19,6
542	19,1	19,2	19,2	19,3	19,5
544	19,0	19,1	19,2	19,2	19,5
546	19,0	19,1	19,2	19,2	19,5
548	19,0	19,1	19,1	19,2	19,4
550	18,9	19,0	19,1	19,2	19,4
552	18,9	19,0	19,1	19,1	19,4
554	18,9	19,0	19,0	19,1	19,3
556	18,9	18,9	19,0	19,1	19,3
558	18,8	18,9	19,0	19,0	19,3
560	18,8	18,9	18,9	19,0	19,2
562	18,8	18,8	18,9	19,0	19,2
564	18,7	18,8	18,9	18,9	19,2
566	18,7	18,8	18,9	18,9	19,1
568	18,7	18,7	18,8	18,9	19,1
570	18,6	18,7	18,8	18,8	19,1
572	18,6	18,7	18,8	18,8	19,1
574	18,6	18,7	18,7	18,8	19,0
576	18,6	18,6	18,7	18,7	19,0
578	18,5	18,6	18,7	18,7	19,0
580	18,5	18,6	18,6	18,7	18,9
582	18,5	18,5	18,6	18,7	18,9
584	18,4	18,5	18,6	18,6	18,9
586	18,4	18,5	18,5	18,6	18,8
588	18,4	18,4	18,5	18,6	18,8
590	18,3	18,4	18,5	18,5	18,8
592	18,3	18,4	18,5	18,5	18,7
594	18,3	18,4	18,4	18,5	18,7
596	18,3	18,3	18,4	18,4	18,7
598	18,2	18,3	18,4	18,4	18,7

394	21,8	21,9	22,0	22,0	22,0
396	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0
398	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0
400	21,6	21,7	21,8	21,9	21,9
402	21,6	21,7	21,8	21,9	21,9
404	21,5	21,7	21,8	21,8	21,8
406	21,5	21,6	21,7	21,8	21,8
408	21,5	21,6	21,7	21,7	21,7
410	21,4	21,5	21,6	21,7	21,7
412	21,4	21,5	21,6	21,7	21,7
414	21,3	21,4	21,5	21,6	21,6
416	21,3	21,4	21,5	21,6	21,6
418	21,3	21,4	21,5	21,5	21,5
420	21,2	21,3	21,4	21,5	21,5
422	21,2	21,3	21,4	21,4	21,4
424	21,1	21,2	21,3	21,4	21,4
426	21,1	21,2	21,3	21,4	21,4
428	21,1	21,2	21,3	21,3	21,3
430	21,0	21,1	21,2	21,3	21,3
432	21,0	21,1	21,2	21,2	21,2
434	21,0	21,0	21,1	21,2	21,2
436	20,9	21,0	21,1	21,2	21,2
438	20,9	21,0	21,1	21,1	21,1
440	20,8	20,9	21,0	21,1	21,1
442	20,8	20,9	21,0	21,0	21,0
444	20,8	20,9	20,9	21,0	21,0
446	20,7	20,8	20,9	21,0	21,0
448	20,7	20,8	20,9	20,9	20,9
450	20,6	20,7	20,8	20,9	20,9
452	20,6	20,7	20,8	20,9	20,9
454	20,6	20,7	20,8	20,8	20,8
456	20,5	20,6	20,7	20,8	20,8
458	20,5	20,6	20,7	20,7	20,7
460	20,5	20,6	20,6	20,7	20,7
462	20,4	20,5	20,6	20,7	20,7
464	20,4	20,5	20,6	20,6	20,6
466	20,4	20,4	20,5	20,6	20,6
468	20,3	20,4	20,5	20,6	20,6
470	20,3	20,4	20,5	20,5	20,5
472	20,2	20,3	20,4	20,5	20,5
474	20,2	20,3	20,4	20,4	20,4
476	20,2	20,3	20,3	20,4	20,4
478	20,1	20,2	20,3	20,4	20,4
480	20,1	20,2	20,3	20,3	20,3
482	20,1	20,2	20,2	20,3	20,3
484	20,0	20,1	20,2	20,3	20,3
486	20,0	20,1	20,2	20,2	20,2
488	20,0	20,0	20,1	20,2	20,2
490	19,9	20,0	20,1	20,2	20,2
492	19,9	20,0	20,1	20,1	20,1
494	19,9	19,9	20,0	20,1	20,1
496	19,8	19,9	20,0	20,1	20,1
498	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0
500	19,8	19,8	19,9	20,0	20,0
502	19,7	19,8	19,9	19,9	19,9
504	19,7	19,8	19,9	19,9	19,9
506	19,7	19,7	19,8	19,9	19,9
508	19,6	19,7	19,8	19,8	19,8
510	19,6	19,7	19,8	19,8	19,8
512	19,6	19,6	19,7	19,8	19,8
514	19,5	19,6	19,7	19,7	19,7
516	19,5	19,6	19,7	19,7	19,7
518	19,5	19,5	19,6	19,6	19,6
520	19,4	19,5	19,6	19,6	19,6
522	19,4	19,5	19,6	19,6	19,6
524	19,4	19,4	19,5	19,5	19,6
526	19,3	19,4	19,5	19,5	19,5
528	19,3	19,4	19,5	19,5	19,5
530	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
532	19,2	19,3	19,4	19,4	19,4
534	19,2	19,3	19,4	19,4	19,4
536	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4
538	19,1	19,2	19,3	19,3	19,3
540	19,1	19,2	19,3	19,3	19,3
542	19,1	19,2	19,2	19,3	19,3
544	19,0	19,1	19,2	19,2	19,2
546	19,0	19,1	19,2	19,2	19,2
548	19,0	19,1	19,1	19,2	19,2
550	18,9	19,0	19,1	19,2	19,2
552	18,9	19,0	19,1	19,1	19,1
554	18,9	19,0	19,0	19,1	19,1
556	18,9	18,9	19,0	19,1	19,1
558	18,8	18,9	19,0	19,0	19,0
560	18,8	18,9	18,9	19,0	19,0
562	18,8	18,8	18,9	19,0	19,0
564	18,7	18,8	18,9	18,9	18,9
566	18,7	18,8	18,9	18,9	18,9
568	18,7	18,7	18,8	18,8	18,9
570	18,6	18,7	18,8	18,8	18,8
572	18,6	18,7	18,8	18,8	18,8
574	18,6	18,7	18,7	18,8	18,8
576	18,6	18,6	18,7	18,7	18,7
578	18,5	18,6	18,7	18,7	18,7
580	18,5	18,6	18,6	18,7	18,7
582	18,5	18,5	18,6	18,6	18,7
584	18,4	18,5	18,6	18,6	18,6
586	18,4	18,5	18,6	18,6	18,6
588	18,4	18,4	18,5	18,6	18,6
590	18,3	18,4	18,5	18,5	18,5
592	18,3	18,4	18,5	18,5	18,5
594	18,3	18,4	18,4	18,5	18,5
596	18,3	18,3	18,4	18,5	18,5
598	18,2	18,3	18,4	18,4	18,4

D82/19/21 WA1+15



D82/19/21 WA1+15

