

ISO/CD 9613-2:2022, geplante inhaltliche Ergänzungen und Änderungen

Wolfgang Probst

Einleitung

Die folgenden Ausführungen beruhen auf einem Vortrag des Autors anlässlich eines Workshops des Bundesverbands der Messstellen für Umwelt und Arbeitsschutz e. V. (BUA) in Münster am 14. September 2022. Zusätzlich zu den dort gezeigten Darstellungen wird mit einigen Anmerkungen zum Vergleich mit anderen Berechnungsverfahren eine Bewertung im Hinblick auf den Immissionsschutz versucht.

Diese Unterlage dient nur zur Information der Workshop-Teilnehmer – sie enthält Abbildungen eines noch nicht verabschiedeten Normentwurfs und ist deshalb vertraulich zu behandeln.

Zur ISO 9613-2 und ihrer Beurteilung für den Immissionsschutz

Zu meiner Person in Bezug auf das Thema: Ich war Convenor der WG 56 zur Qualitätssicherung der in Software implementierten Verfahren zur Schallausbreitung und habe als Convenor von ISO TC43 SC1 WG56 maßgeblich die Entwicklung der Reihe ISO 17534 bearbeitet. In diesem Zusammenhang sind mit dem Teil 3 dieser Reihe Interpretationslücken bei der Softwareimplementierung der ISO 9613-2 geschlossen und entsprechende Testaufgaben entwickelt worden. Nach der Philosophie der QS Norm muss über derartige vorläufigen Festlegungen bei nächster Überarbeitung der Norm entschieden werden. Ich habe das von deutscher Seite in die Hand genommen und im Zuge der 5-Jahres-Überprüfung die diesbezügliche Überarbeitung der ISO 9613-2 vorgeschlagen. Mit der WG 61, deren Convenor ich ebenfalls bin, wurden die entsprechenden Änderungen vorgenommen und werden jetzt zur Länderabstimmung als ISO/CD 9613-2 bei ISO vorgelegt.

Der hier behandelte Entwurf der ISO ist erst im Abstimmungsverfahren und muss somit nicht zwingend zur Verabschiedung und zur entsprechenden Übernahme in einer DIN ISO führen. Die TA-Lärm enthält einen datierten Verweis auf den Entwurf der DIN ISO 9613-2 von 1997.

Eigenschaften zur Qualifizierung von Berechnungsverfahren

Harmonoise – Cnossos (NMPB) – NORD2000 - ISO 9613-2 – VDI 2714/2720

Genauigkeit

Abweichungen der berechneten von den gemessenen Werten (bei „idealer“ Messung)

Präzision

Keine oder geringe Streuung der von verschiedenen Experten bei „korrekter“ Anwendung erzielten Ergebnisse

Transparenz

Möglichkeit die Ursache von unerwarteten Ergebnissen heraus zu finden

Performance

Software-Eignung, Rechenzeiten, Anwendungsfreundlichkeit...

Bild 1: Die wichtigsten Eigenschaften zur Bewertung eines im gesetzlichen Bereichen anzuwendenden Berechnungsverfahrens

Sowohl VDI 2714 und VDI 2720 und die dann auf diese Richtlinien aufbauende ISO 9613-2:1996 stellen aus meiner Sicht eine gute Balance zwischen den in Bild 1 genannten Eigenschaften dar. In den vergangenen 3 Dekaden ist mit Harmonoise, Cnossos (nach NMPB 2008), NORD 2000, SonRoad und anderen Verfahren der Versuch gemacht worden, einzelne physikalische Aspekte weitergehend einzubeziehen. So berücksichtigt die ISO 9613-2 nur einen mitwindbezogenen und damit ausbreitungsgünstigen meteorologischen Zustand, wobei für die Zwecke der Langzeitmittelung eine die wechselnden Ausbreitungszustände berücksichtigende Korrektur C_{met} angewendet wird. Im Unterschied dazu werden mit CNOSSOS zwei, mit Harmonoise gar fünf unterschiedliche Ausbreitungszustände berücksichtigt.

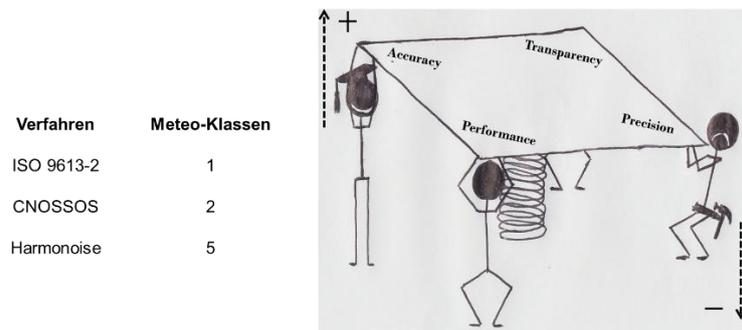


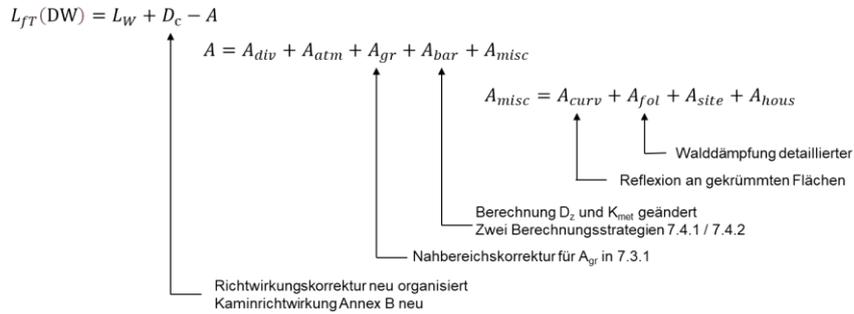
Bild 2: Der Versuch die Genauigkeit durch detailliertere Einbeziehung möglicher Ausbreitungszustände zu erhöhen, führt zur verminderten Präzision und Transparenz

Zahlreiche weitere Ergänzungen wie die phasenrichtige Überlagerung von Direktschall und Bodenreflexion, die unter Berücksichtigung der tatsächlichen Datenlage bei der Bodenbeschreibung keine wirkliche Verbesserung der Genauigkeit bringen, führen durch teilweise extreme Verlängerung von Rechenzeiten zur Verringerung von Performance sowie von Transparenz.

Diese Anmerkungen des Verfassers zur Begründung, dass die ISO 9613-2 als flexibles und an immissionsschutztechnische Aufgabenstellungen angepasstes Verfahren erhalten und fortgeschrieben werden sollte.

Ergänzungen und Änderungen mit ISO/CD 9613-2

Wesentliche Änderungen ISO 9613-2:1996 → ISO/CD 9613-2:2022



$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met} \rightarrow \text{Berechnung von } C_0 \text{ aus der Windverteilung (ergänzt)}$$

→ Quellhöhenbereich erweitert

→ Neuer Annex → Anwendung zur Prognoseberechnung für Windenergieanlagen

Bild 3: Wesentliche an den Termen der Ausbreitungsrechnung mit dem Entwurf vorgenommene Änderungen und Ergänzungen

Aufteilung von ausgedehnten Quellen – Projektionsverfahren

Die Aufteilung von Linien- und Flächenquellen unter Berücksichtigung von Abschirmungen mit dem sog. Projektionsverfahren wird mit dieser Darstellung in dem neuen Entwurf verdeutlicht. Die Methodik wurde in dieser Weise im Expertenkreis des NALS Beirats-Sonderausschuss SO2 festgelegt.

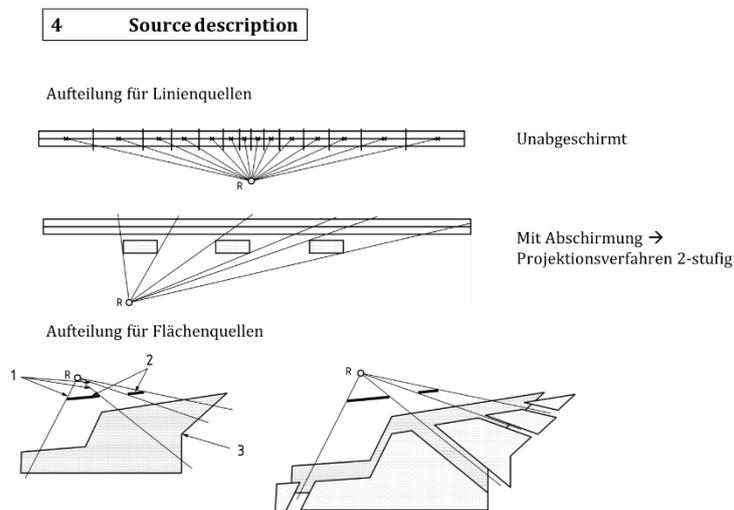


Bild 4: Erläuterung der Aufteilung ausgedehnter Quellen

Klassifizierung der Quellenrichtwirkung

Wesentlich ist die klare Unterscheidung, ob die Richtwirkung aufgrund des Quellmechanismus (z. B. Düse) oder durch Einengung des Abstrahlwinkels einer an sich ungerichtet abstrahlenden Schallquelle entsteht.

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_c - A$$

Richtwirkungsmaß D_c

Fall 1: Quellenbezogen

Fall 2: Raumwinkelbezogen (nur für ungerichtete Abstrahlung der Quelle)

$$D_c = 10 \lg \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right) \text{ dB}$$

Ω Raumwinkel der Abstrahlung (z.B. durch begrenzende refl. Flächen)

Reflecting surface		Solid angle Ω	D_c
Configuration	Number	rad	dB
Surface	1	$4\pi/2$	3
Edge	2	$4\pi/4$	6
Corner	3	$4\pi/8$	9

Bild 5: Zur Erläuterung von quellenbezogener und raumwinkelbezogener Richtwirkung

Korrektur von A_{gr} nach 7.3.1 $\rightarrow K_{geo}$

Das Diagramm Bild 6 zeigt die Abnahme des mit unterschiedlichen G-Faktoren des Bodens in Abhängigkeit vom Abstand berechneten Schalldruckpegel, wenn die Quelle Rosa Rauschen mit einem L_{WA} von 100 dB abstrahlt.

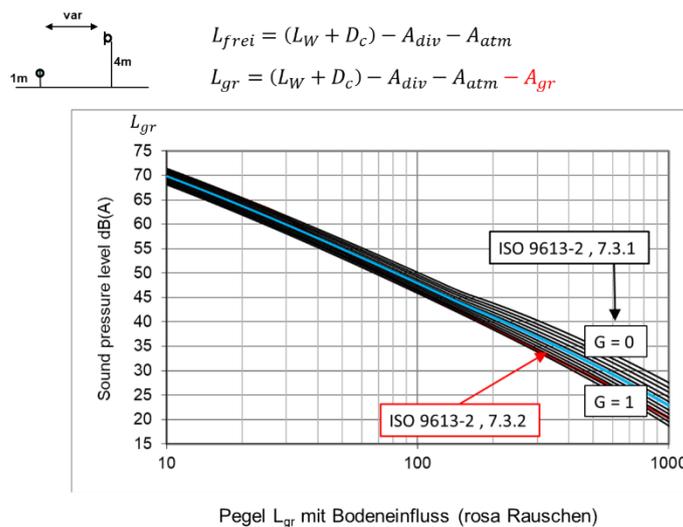


Bild 6: Das Diagramm zeigt den A-Schallpegel in Abhängigkeit vom Abstand für eine Schallquelle mit einem L_{WA} von 100 dB, berechnet mit unterschiedlichen Werten des Bodenfaktors G (7.3.1) sowie mit dem Alternativen Verfahren (7.3.2)

Durch arithmetische Subtraktion des auf reines Freifeld bezogenen A-Schalldruckpegels ergibt sich der Einfügungseffekt des Bodens.

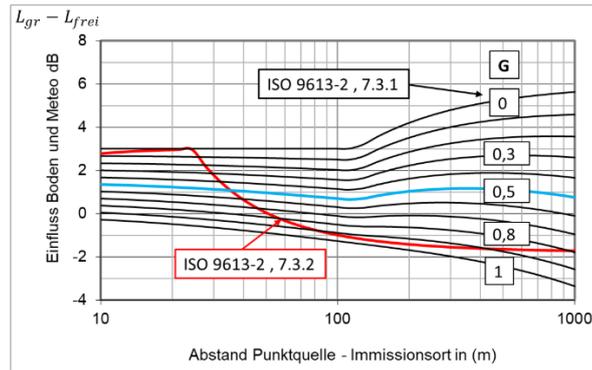


Bild 7: Von den Pegelwerten Bild 6 wurde hier der auf Freifeld bezogene Pegel L_{frei} subtrahiert.

Damit stellt das Diagramm Bild 7 die Änderung des auf absolutes Freifeld bezogenen Pegels durch den Boden mit dem jeweiligen Verfahren dar.

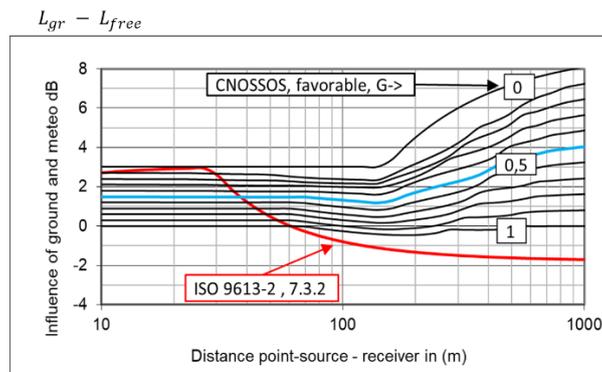


Bild 8: Dieselbe Abhängigkeit wie Bild 7, aber berechnet mit CNOSSOS (favorable)

Es sei nur erwähnt, dass der Einfluss der Bodeneigenschaften in anderen Verfahren – hier dargestellt für CNOSSOS – relativ ähnlich ist. Auch hier ergeben sich im Nahbereich durch den Boden Pegelerhöhungen von 0 bis 3 dB und in größeren Abständen für reflektierenden Boden höhere Zuschläge zur Berücksichtigung von positiver Interferenz von Direktschall und Bodenreflexion. Die Unregelmäßigkeit der Kurven entsteht hier durch interferenzbedingte Einbrüche, die aufgrund des Formalismus der A_{gr} – Berechnung in unterschiedlichen Frequenzbändern unterschiedlich einsetzen und abklingen – nach Meinung des Verfassers kann die damit erzielbare Genauigkeits-Verbesserung auf Grund der üblichen Genauigkeit des Bodenprofils bei der Dateneingabe zumindest hinterfragt werden.

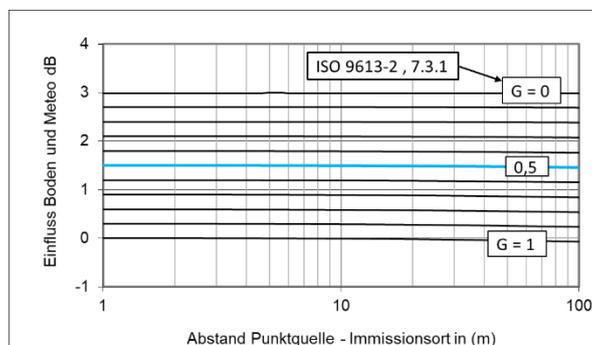


Bild 9: Darstellung des Bodeneinflusses berechnet mit 7.3.1 – aber für den Nahbereich 1m – 100m

Bild 9 zeigt die Fortführung der in Bild 7 mit ISO 9613-2 berechneten Kurven in den näheren Bereich von 1 m bis 100 m Abstand Quelle – Empfänger. Wie das Diagramm zeigt, bleibt der Bodeneinfluss

mit noch so kleinem Abstand und unabhängig von der Höhe des Direktstrahls über Boden unverändert. Dies ist unplausibel.

Aufgrund der Berechnung kennt man $A_{gr,0}$

Die reflektierte Schallenergie ist dann $10^{L_{ref}/10} = E_{ref}$

$$10^{L_{dir}/10} = 10^{(L_W - A_{atm} - A_{div})/10}$$

$$\Rightarrow E_{dir}$$

$$10^{L/10} = 10^{(L_W - A_{atm} - A_{div})/10} \cdot 10^{-A_{gr,0}/10}$$

$$\Rightarrow E = E_{dir} \cdot 10^{-A_{gr,0}/10}$$

Die Energie des reflektierten Schalls ist

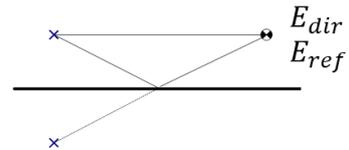
$$E_{ref} = E - E_{dir} = E_{dir} \cdot (10^{(-A_{gr,0}/10)} - 1)$$

Entfernungskorrigierter reflektierter Anteil:

$$E_{ref} = E_{dir} \cdot (10^{(-A_{gr,0}/10)} - 1) \cdot K_{geo}$$

$$E = E_{dir} + E_{dir} \cdot (10^{(-A_{gr,0}/10)} - 1) \cdot K_{geo}$$

$$E = E_{dir} \cdot [1 + (10^{(-A_{gr,0}/10)} - 1) \cdot K_{geo}] = E_{dir} \cdot 10^{-A_{gr}/10}$$



$$A_{gr} = -10 \lg [1 + (10^{-A_{gr,0}/10} - 1) \cdot K_{geo}] \text{ dB}$$

mit

$A_{gr,0}$ Bodenfaktor wie bisher

$$K_{geo} = \frac{d_p^2 + (h_s - h_r)^2}{d_p^2 + (h_s + h_r)^2}$$

Bild 10: Herleitung der aufgrund des längeren Bodenumwegs geänderten Formel für A_{gr}

Bild 10 zeigt die vom Verfasser vorgeschlagene korrigierte Formel für A_{gr} und ihre Herleitung. Mit dieser Herleitung wird der Gesamtschall in energetischer Hinsicht in Direktschall und Bodenreflexion aufgespalten und dann in einem weiteren Schritt die unterschiedliche Laufweglänge für diese Anteile berücksichtigt.

Mit Anwendung dieser Beziehung ändert sich die Darstellung des Bodeneinfluss von Bild 9 entsprechend Bild 11.

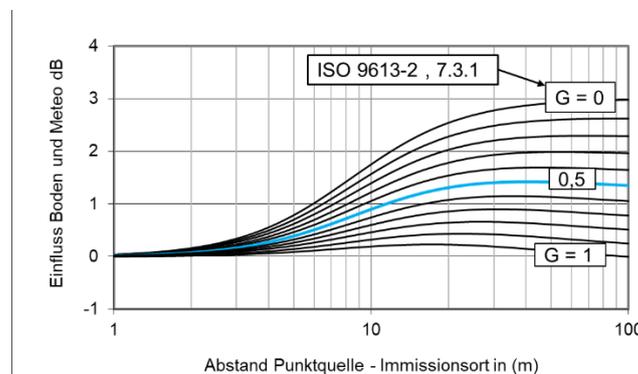
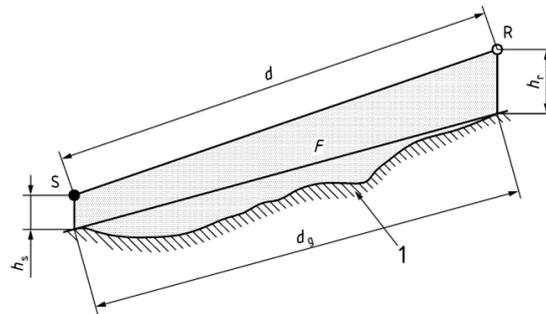


Bild 11 Darstellung des Bodeneinfluss wie Bild 9, aber berechnet entsprechend ISO/CD 9613-2

Damit kann mit der revidierten Norm aus Messungen des Schalldruckpegels an Schallquellen im Nahbereich durch Rückrechnung der Quellen-Schallleistungspegel unter Einbeziehung der Bodenreflexion korrekt berechnet werden.

Modifizierte Bestimmung der mittleren Höhe h_m für 7.3.2

Die vorgenannte Korrektur bezog sich auf die Bestimmung von A_{gr} nach dem „Allgemeinen Verfahren“ 7.3.1. Mit dem Verfahren nach 7.3.2 ergibt sich das Problem, dass mit hochgelegenen Quellen wie Ausblasöffnungen an Fassaden die Bestimmung der mittleren Höhe h_m zu sehr geringen Werten führt, wenn der Horizontalabstand gleich oder kleiner als die Quellhöhe ist. Zur Vermeidung dieses Mangels wird das in Bild 12 gezeigte Verfahren zur Bildung von h_m angewendet.



→ Neu:

$$h_m = F/d_g$$

Bild 12: Die Fläche F wird nunmehr gemäß Neuvorschlag durch den Abstand der Bodenfußpunkte geteilt

Diese Methode wurde unter Berücksichtigung der realistischen Bodensteigungen und Quellhöhen als die bestmögliche Variante vom Expertenkreis des NALS Beiratssonderausschuss SO2 entwickelt und vorgeschlagen.

Schirmrechnung mit Umweg-Ebenen E_V und E_L als Standard und mit Einbeziehung des kürzesten Umwegs bei parallelen Kanten als Spezialfall

Die Schirmrechnung entsprechend ISO 9613-2:1996 ist schon seit 2015 durch die ISO/TR 17534-3 im Rahmen der qualitätsgesicherten Implementierung in Software modifiziert worden. Dieses „Generelle Verfahren“ soll jetzt mit der ISO/CD 9613-2 normativ festgelegt werden. Es beruht auf der Ermittlung des oberen Umwegs in einer vertikalen Ebene E_V und der maximal 2 Seitenumwege in einer zu dieser im rechten Winkel angeordneten lateralen Ebene E_L . Der obere Umweg ist in Grundriss-Darstellung stets eine Gerade durch Quell- und Empfangspunkt. Allerdings ist dies nicht unbedingt der kürzeste Umweg.

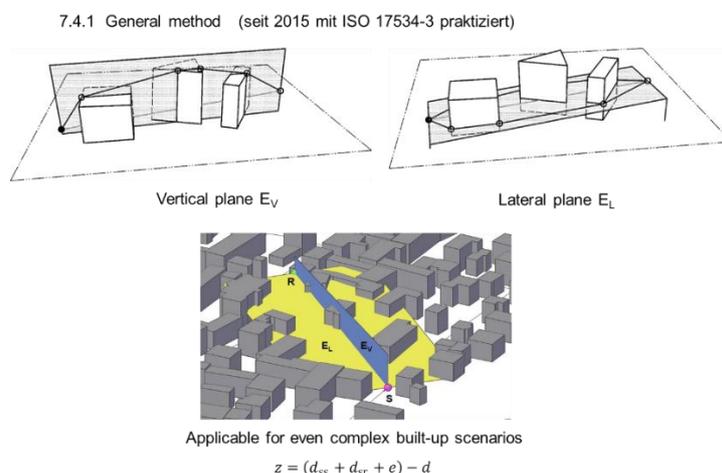


Bild 13: Das „Generelle“ Verfahren mit den beiden zueinander senkrechten Ebenen E_V und E_L

Das „Alternative“ Verfahren liefert im speziellen Fall, in dem nur untereinander parallele Beugungskanten den Umweg bestimmen, stets den kürzesten Umweg und ist somit in diesen Fällen genauer.

7.4.2 Alternative method (one edge or more – but parallel – edges)

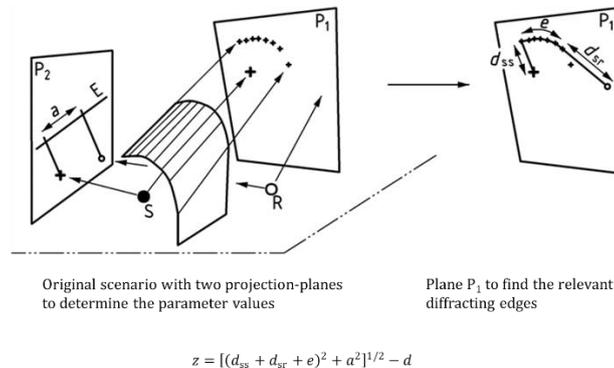


Bild 14: Die beiden Projektionsebenen P₁ und P₂ zur Bestimmung der effektiv wirksamen Beugungskanten und der Parameter zur Berechnung von z beim „Alternativen“ Verfahren

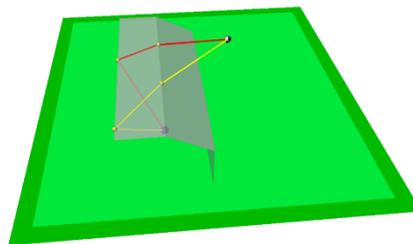


Bild 15: Geknickter Schallschirm mit den Ausbreitungswegen gemäß dem Allgemeinen Verfahren 7.4.1 (gelb) und dem Alternativen Verfahren 7.4.2 (rot) der ISO/CD 9613-2:2022

Wie Bild 15 zeigt, führt das „Generelle“ Verfahren insbesondere bei überkragenden Schallschirmen zu einer umso größeren Überschätzung des Schallwegs und damit der Schirmwirkung, je weiter die Quelle und der Empfänger gegeneinander in Richtung der Beugungskante zueinander versetzt sind. In diesen Fällen – und nur wenn alle wirksamen Beugungskanten parallel sind – führt der in der bestehenden Norm von 1996 genannte Formalismus (entsprechend der in Bild 14 genannten Formel) zum korrekten Ergebnis.

Neue Berechnung für D_z und K_{met} als Simulation gekrümmter Schallstrahlen

Die Schirmberechnung mit ISO 9613-2:1996 zeigt, dass auch bei noch so großem Abstand von Quelle und Empfänger Schallschirme im Mittelbereich zu Schirmwerten von ca. 5 dB führen. Der Grund liegt in der Übernahme der K_{met} Definition und ihrer Integration in die Schirmformel aus ehemals VDI2714/2720 in die ISO 9613-2, die zwar mit dem „Alternativen Verfahren“ der Bestimmung von A_{gr} nach 7.3.2, nicht aber mit dem A_{gr} entsprechend dem „Allgemeinen Verfahren“ nach 7.3.1 funktioniert. Die tiefere Ursache: im „Alternativen Verfahren“ ist die Pegelerhöhung durch den Boden gegenüber Freifeld $dL = -A_{gr} + D_{\Omega}$, im während diese Pegelerhöhung durch den Boden beim „Allgemeinen Verfahren“ $dL = -A_{gr}$ ist. Beim „Alternativen Verfahren“ beschreibt $-A_{gr}$ die Pegeländerung durch die mit dem Formalismus angenommenen Absorptionseigenschaften relativ zu schallhartem reflektierendem Boden.

Das Problem zeigt sich bei Berechnung der Pegelminderung durch den mittigen Schirm entsprechend Bild 16, wenn die Schirmhöhe H und der Abstand d_p variiert wird.

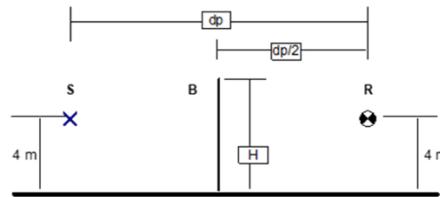


Bild 16: Szenario mit Quelle und Empfänger ($h = 4 \text{ m}$) im Abstand d_p sowie mit mittigem Schirm der Höhe H

Die linke Seite in Bild 17 zeigt den Formalismus entsprechend der derzeitigen ISO 9613-2 sowie das damit berechnete A_{bar} in Abhängigkeit vom Abstand d_p .

ISO 9613-2: 1996

$$D_Z = 10 \lg [3 + (C_2/\lambda) C_3 z K_{\text{met}}] \text{ dB}$$

$$K_{\text{met}} = \exp \left[-\frac{(1/2000) \sqrt{d_{ss} d_{sr} d}}{(2z)} \right] \text{ for } z > 0$$

$$K_{\text{met}} = 1 \text{ for } z \leq 0$$

ISO/CD 9613-2: 2022

$$D_Z = 10 \lg \left[1 + \left(2 + \frac{C_2}{\lambda} C_3 z \right) K_{\text{met}} \right] \text{ dB for } z > z_{\text{min}}$$

$$D_Z = 0 \text{ dB for } z \leq z_{\text{min}}$$

$$K_{\text{met}} = \exp \left[-\frac{(1/2000) \sqrt{d_{ss} d_{sr} d}}{(2(z - z_{\text{min}}))} \right] \text{ for } z > z_{\text{min}}$$

$$K_{\text{met}} = 1 \text{ for } z \leq z_{\text{min}}$$

$$\text{where } z_{\text{min}} = -2\lambda / (C_2 C_3)$$

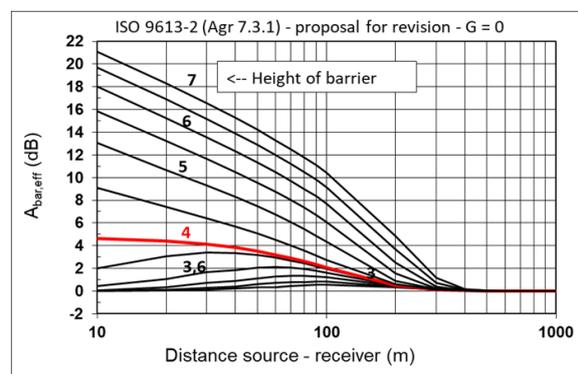
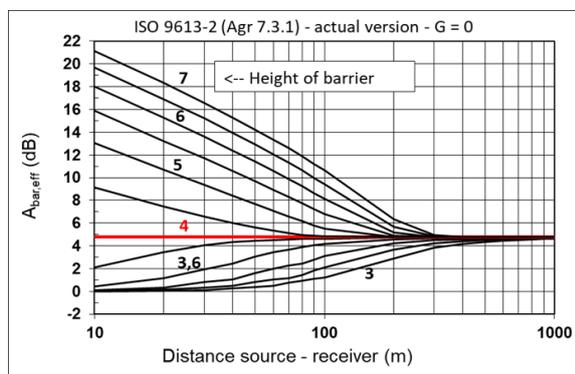


Bild 17: Formalismus und Berechnungsergebnis für $G = 0$ entsprechend ISO 9613-2 (links) und entsprechend ISO/CD 9613-2:2022 (rechts)

Rechts in Bild 17 ist der Vorschlag des Verfassers zur Änderung mit der revidierten Norm. Wie das dazugehörige Diagramm zeigt, ergibt sich jetzt der gewünschte Effekt des Verschwindens der Schirmwirkung bei großen Abständen wie zu erwarten. Zu beachten ist, dass K_{met} über diesen Formalismus rechts unten nunmehr frequenzabhängig ist.

Korrektur des Kriteriums zur Minimalausdehnung Reflektor

Die derzeit angewendete Formel zur Minimalausdehnung eines Reflektors hat oft zur Auffassung geführt, dass dies nur die minimal erforderliche Breite des Reflektors betrifft. Dies wird jetzt dahingehend korrigiert, dass sowohl die Breite wie auch die Höhe des Reflektors bei Unterschreiten eines von der Wellenlänge abhängigen Mindestwerts zum Wegfall der Reflexion führen kann.

$$\frac{1}{\lambda} > [2/l_{\text{eff}}^2] [d_{s,o} d_{o,r} / (d_{s,o} + d_{o,r})]$$

$$l_{\text{eff}} = \min(a \cdot \cos \beta_b, h \cdot \cos \beta_h)$$

$$L_{W,\text{im}} = L_W + 10 \lg (1 - \alpha) \text{ dB} + D_{\text{Ir}}$$

Reflektorbedingung neu:
 Prüfung bezüglich horizontaler
 und vertikaler Ausdehnung

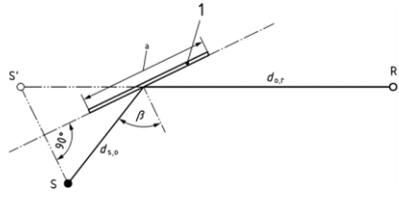
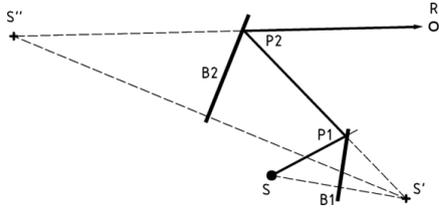


Bild 18: Durch den Formalismus wird nun sowohl die Höhe wie auch die Breite des Reflektors geprüft

Explizite Aufnahme der Mehrfachreflexion

Auch diese Änderung ist bereits seit 2015 durch die ISO/TR 17534-3 für die qualitätsgesicherte Implementierung in Software realisiert und somit erprobt.



Construction of a second-order reflection

$$L_{W,\text{im},N} = L_W + 10 \lg \left(\prod_n (1 - \alpha_n) \right) \text{ dB} + D_{\text{Ir}}$$

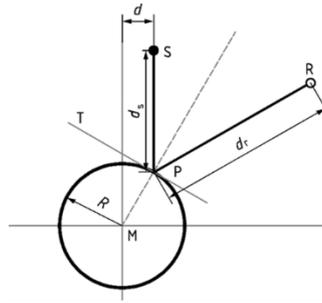
Bild 19: Erläuterung des Verfahrens zur Berechnung von Mehrfachreflexion (Darstellung für 2. Ordnung)

Zu beachten ist dabei, dass sich die Richtwirkung D_{Ir} in der Formel auf die Abstrahlung der Quelle in Richtung zum ersten Reflexionspunkt bezieht.

Explizite Aufnahme der Reflexion an zylindrisch gekrümmten Flächen

Dieses Verfahren wird seit vielen Jahren über Softwareimplementierung angewendet und erprobt und hat sich entsprechend bewährt.

W. Probst, B. Huber: "Schallreflexion an kreiszylindrischen Flächen", Lärmbekämpfung – Ausgabe 2/2010)



$$A_{\text{curv}} = 10 \lg \left(1 + \frac{2d_s d_r}{R(d_s + d_r)} (1 - k^2)^{-1/2} \right) \quad k = \frac{d}{R}$$

Bild 20: Zur Berechnung der zusätzlichen Dämpfung durch die Flächenkrümmung

Das Verfahren gilt strenggenommen nur für Radien, die groß gegen die Wellenlänge für das betrachtete Frequenzband sind. In allen anderen Fällen kann es als Näherung betrachtet werden.

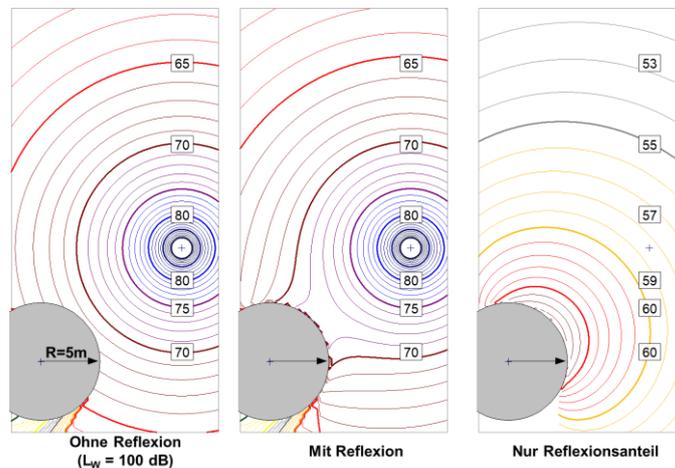


Bild 21: Die für einen Zylinder mit 5m Radius berechneten Pegel von direktem, gesamten und reflektierten Schall

Erweiterung des Höhenbereichs

Der Höhenbereich wird aufgrund der Erfahrungen mit dem Vergleich Messung-Rechnung bei hochliegenden Industriequellen und insbesondere bei Windkraftanlagen erheblich erweitert.

Im Abschnitt 9 (Meteorological correction C_{met}) wird die Darstellung von C_{met} entsprechend Bild 22 durch weitere auf größere Höhen bezogene Kurven erweitert.

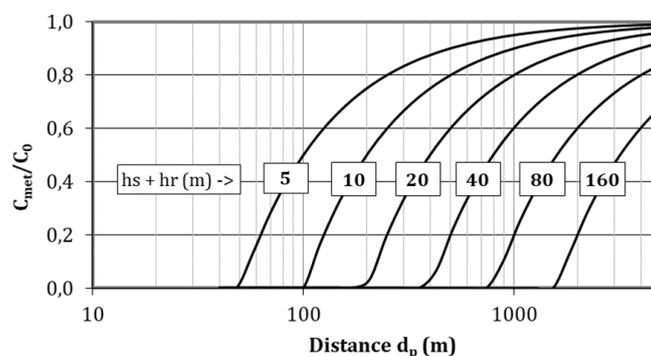


Bild 22: Um Kurven für größerer Höhen ergänztes Diagramm

Auch in dem Abschnitt 9 „Accuracy and limitations of the method“ erfolgt jetzt in der entsprechenden Tabelle 4 mit der bisherigen oberen Grenze von 30 m für die mittlere Höhe von Quelle und Empfänger durch den Bezug auf bisherige Erfahrungen mit hochliegenden Quellen eine Öffnung für Quellen bis zu 200 m Höhe.

Annex A (informativ): Detailliertere Walddämpfung zusätzlich

Der bisherige sehr grobe Ansatz wird durch ein detaillierteres, die forstlichen Parameter einbeziehendes Verfahren ergänzt. Es beruht auf Messungen im Bereich von militärischem Übungsgelände und wurde auf die Anwendung mit ISO 9613-2 zugeschnitten (Trimpop, M.; Mann, P.: "Determination of noise damping by forests", Internoise 2017, Hong Kong China).

Parameter	Unit	Name
Stem diameter	cm	D
Basal area	$m^2/10^4m^2$	G
Standing stock	$m^3/10^4m^2$	V
Horizontal structuring (classing)	1	S
Low height foliage (classing)	1	Z

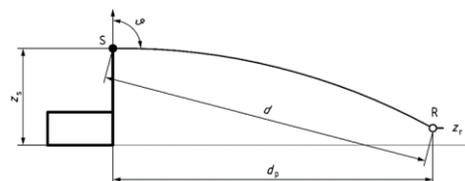
Value	Horizontal structuring	Low height foliage
0	homogeny	not present
1	minor structured	minor present
2	intense structured	much present

Bild 23: Tabelle zur Parametrisierung bewaldeter Flächen

Annex B (informativ): Richtwirkung von Kaminen

Das Verfahren beruht auf Untersuchungen von 1981 (Reinicke, W.; Danner, J. "Schallabstrahlung von Schornsteinen, Messung und technische Möglichkeiten zu ihrer Minderung," Forschungsbericht Nr. 105.03.301., UBA-FB 81-33, Umweltbundesamt, Berlin, 1981) und war in VDI 2714 enthalten. Da es in den Grundzügen über Softwareimplementierung seit vielen Jahren angewendet wird und sich bewährt hat, wurde es in qualitätssicherbarer Weise aufbereitet und im neuen Annex B wegen der Zurückziehung der VDI 2714 quasi „gerettet“.

B.1 Dependency of the directivity correction from parameters



$$\vartheta = 180^\circ - \arctg\left(\frac{d_p}{z_S - z_R}\right) - \arcsin\left(\frac{d}{2R}\right)$$

$$ka = \frac{2\pi a f}{331,4 \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273^\circ C}}}$$

a Radius
k Wellenzahl

B.2 Determination of D_C with specifically given parameters

B.3 Examples

→ wie Testaufgaben nach ISO 17534-3

Bild 24: Zur Bestimmung der Parameter ka und ϑ , aus denen sich die Kaminrichtwirkung ermittelt wird

Annex C (informativ): Bestimmung C_0 für Langzeitimmission mit Windklimatologie

Es wird ein Verfahren dargestellt, wie auf der Basis der – z. B. auf ein Jahr bezogenen – Daten von Windrichtung und -stärke entsprechend den Veröffentlichungen des DWD (Deutscher Wetterdienst) der auf diesen Zeitraum bezogene Wert von C_0 für eine gegebene Richtung Quelle Empfänger bestimmt werden kann.

C.1 Dependency of C_0 from the angular wind distribution

C.2 Example of an angle dependent C_0 based on local wind statistics

Beispiel für die Ermittlung des richtungsabhängigen C_0 :

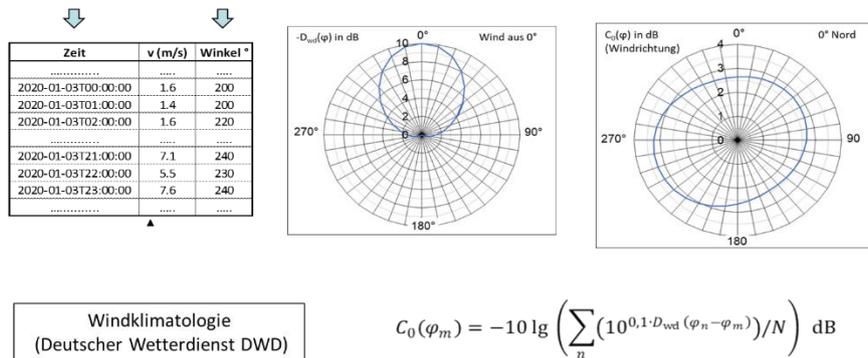


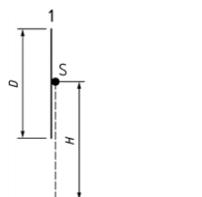
Bild 25: Inhalt des Anhang C mit schrittweiser Berechnung des richtungsabhängigen C_0

Annex D (informativ): Anwendung zur Lärmprognose bei WEAs

Es war eine wesentliche Anforderung für die Revision der ISO 9613-2 durch ISO TC43 SC1, die mit der Anwendung von ISO 9613-2 seit vielen Jahren durch Vergleiche Messung – Rechnung gewonnenen Erfahrungen aufzunehmen. Der Annex D wurde im wesentlichen von der Gruppe der WEA-Experten verfasst. Die Darstellung Bild 26 zeigt die Gliederung.

D.1 Applicability of the calculation method for wind turbines

D.2 Emission values and source modelling



→ Punktquelle in Nabenhöhe
Emission nach IEC 61400-11

D.3 Barrier attenuation A_{bar}

→ Wegen Punktquellenmodell eingeschränkt (Boden $A_{bar} < 3$ dB)

D.4 Ground attenuation A_{gr}

→ $G \leq 0,5$ → $G = 1$ soll nicht verwendet werden

D.5 Correction of A_{gr} to account for concave ground profile

D.6 The meteorological correction C_{met}

→ Für Langzeit-Mittelungspegel C_{met} und ΔL_w

D.7 About the estimated uncertainty of the method

Bild 26: Die Gliederung des auf WEA bezogenen Anhangs

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die im Anhang D getroffenen Festlegungen relativ allgemeine Empfehlungen darstellen und somit auch nationalen weitergehenden Bestimmungen nicht im Wege stehen (so bewegt sich z. B. VDI 4101 Blatt 2 durchaus im hier aufgezeigten Rahmen).

Schlussbemerkung des Convenors

Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass die ISO 9613-2 im Grunde eine gute Balance zwischen Genauigkeit, Präzision, Transparenz und Performance darstellt. Für die Anwendung in gesetzlich geregelten Bereichen ist die Beschränkung auf einen einzigen auf Mitwind bezogenen ausbreitungsgünstigen Zustand im Hinblick auf die Präzision ermittelter Ergebnisse eindeutig vorteilhaft – bei unterschiedlichen Zuständen stellt der jeweils berücksichtigte Anteil dieser Zustände einen diese Präzision vermindernenden Freiheitsgrad dar und verschlechtert außerdem die Transparenz und Performance des Verfahrens. Die teilweise sehr detaillierte Beschreibung einzelner Einflüsse kann zur Verminderung der letztlich relevanten Genauigkeit der Zielpegel zur Folge haben, wenn diese Parameter nicht im erforderlichen Detaillierungsgrad zur Verfügung stehen.

Aus Sicht des Verfassers sollte die ISO 9613-2 als schlankes, flexibles und ingenieurtechnisch gut handhabbares Verfahren beibehalten und durch Behebung erkannter Mängel entsprechend dem jeweiligen Stand der Technik weiterentwickelt werden. Wie mit Bild 27 angedeutet, sollte hierbei stets die Balance der genannten Eigenschaften berücksichtigt und durch ein entsprechendes Dokument zur Qualitätssicherung bei der softwaretechnischen Implementierung (derzeit ISO/TR 17534-3) sichergestellt werden.

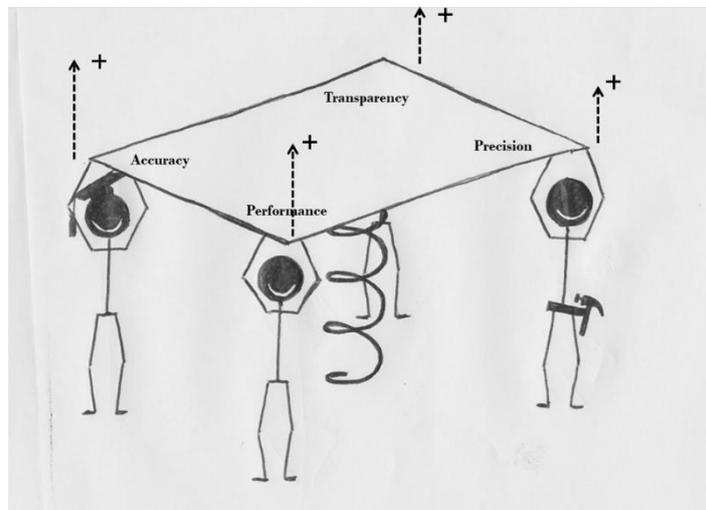


Bild 27: Zur anzustrebenden Balance der Eigenschaften des Berechnungsverfahrens

Dipl.-Phys. Dr. Wolfgang Probst
Convener ISO/TC 43/SC 1/WG 61

DataKustik GmbH · Dornierstr. 4 · 82205 Gilching · Germany

Tel: +49 8105 77467 - 111

Mobil: +49 151 550 24 701

wolfgang.probst@datakustik.com

www.datakustik.com

Geschäftsführer / Managing Directors: Fabian Probst · Bernd Huber
Handelsregister / Commercial Register: Amtsgericht München · HRB 227024