

Einfluss auf schalltechnische Beurteilungen durch Wartezeiten bei Tiefgarageneinfahrten

Florian Lackner
Referat für Lärm- und Strahlenschutz – A 15
Amt der Steiermärkischen Landesregierung

282. ÖAL Plenarsitzung

Wien, 12.03.2025



Das Land
Steiermark

Motivation

LVwG: Häufig wird eine Ampelregelung als Einwand angeführt: Durch vor der Einfahrt wartende Fahrzeuge würde es zu einer unzumutbaren Lärmbelästigung kommen

Landesverwaltungsgericht LVwG



„Besonderer Umstand“

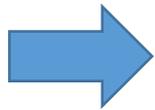


Schalltechnisches Gutachten ist zu erstellen

Was ist ein besonderer Umstand?

Grundsätzlich handelt es sich dabei um eine rechtliche Entscheidung

Definition eines Schalltechnikers: Ein besonderer Umstand liegt dann vor, wenn dieser zu einer signifikanten Veränderung der Prognoseergebnisse und damit der schalltechnischen Beurteilung führen kann.



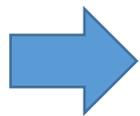
Kann sich aus einer Ampelregelung bei einer Tiefgaragen Zufahrt ein besonderer Umstand ergeben?

Beispiele:

- Besonders steile Zufahrt
- Besondere Reflexion (e.g. Zufahrt entlang einer Mauer)

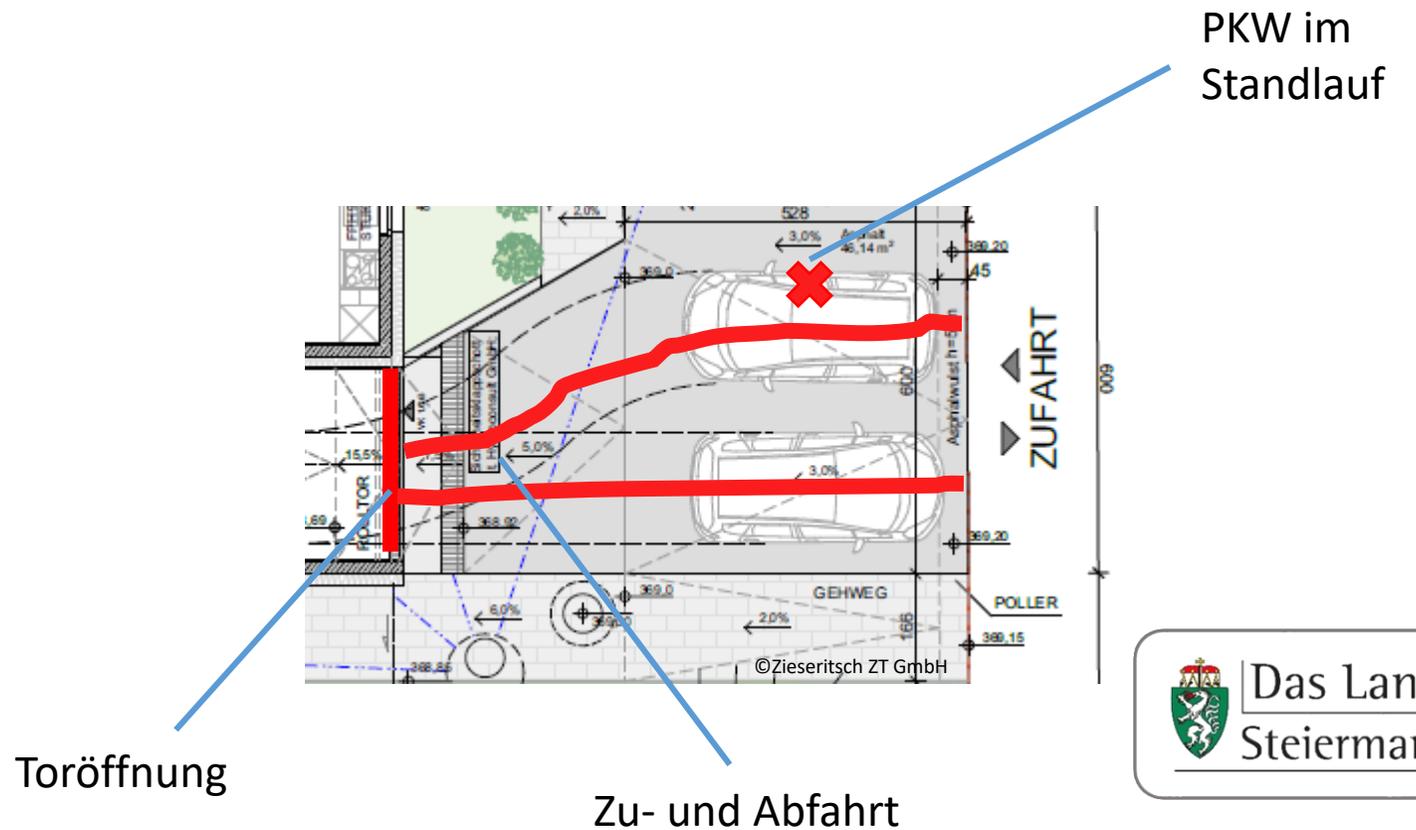
Emissionsquellen

- Tiefgaragentor (Öffnung)
- Flächenschallquelle
- Zu und Abfahrt - Linienschallquelle
- PKW im Standlauf - Punktquelle



**Ziel: Vergleich dieser
Schallquellen**

Emissionsquellen



Tiefgaragen – (steirischer) Emissionsansatz



Bayrische Parkplatzlärmstudie (2007)

Tabelle 1: Angaben gemäß Tabelle 33 der bayrischen Parkplatzlärmstudie zu den im Zusammenhang mit Wohnanlagen relevanten Bewegungshäufigkeiten. $n_{h,Stp}$ bezeichnet die Anzahl der Fahrbewegungen pro Stunde und Stellplatz.

| Parkplatzart | Bezugsgröße | $n_{h,Stp}$ | | | |
|--------------|--------------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | | Tag (6–19 Uhr) | Abend (19–22 Uhr) | Nacht (22–06 Uhr) | ungünstigste Stunde |
| Tiefgarage | 1 Stellplatz | 0,15 | 0,15 | 0,02 | 0,09 |

Tabelle 33 – Empfehlungen, Worst-Case Szenario (Ungünstigkeits-Prinzip)



$n_{h,Stp}$... Bewegungshäufigkeit (Fahrbewegungszahl) pro Stellplatz und Stunde



Das Land
Steiermark

Schalleistung Toröffnung

$$L_{W^n,1h} = 50 \text{ dB} + 10 \log_{10}(n_{h,stp}B) + 10 \log_{10}(S)$$

Abhängig von:

- Fahrbewegungszahl pro Stunde und Stellplatz $n_{h,Stp}$
- Stellplatzzahl B und
- Querschnitt der Öffnung S (Fläche, Annahme im Folgenden 8 m^2)

Schalleistung – Zu- und Abfahrt

Fahrbewegungen außerhalb der Tiefgarage bzw. auf der Rampe gemäß bayr. Parkplatzlärmstudie (Angaben für eine Einfahrt bzw. Ausfahrt pro Stunde):

Auf der offenen Rampe:

Einfahrt: $L_{W,1h^e} = 51,0$ dB/m

Ausfahrt: $L_{W,1h^e} = 52,1$ dB/m

Vollständig eingehauste Rampe:

Einfahrt: $L_{W,1h^e} = 43,5$ dB/m

Ausfahrt: $L_{W,1h^e} = 44,8$ dB/m

Außerhalb der Rampe:

Einfahrt: $L_{W,1h^e} = 46,1$ dB/m

Ausfahrt: $L_{W,1h^e} = 47,2$ dB/m

Forum Schall (<30 km/h auf Asphalt):

48 dB/m



Das Land
Steiermark

Schalleistung – Zu- und Abfahrt

Betrachtung eines 6 m (1,5 fache durchschnittlichen Fahrzeuglänge) langen Stücks einer Zufahrt (Summenmaß)

$$L_{W,F} = L'_W + 10 \log_{10}(l) = 50,9 \text{ dB (Einfahrt) bzw. } 52,0 \text{ dB (Ausfahrt)}$$

Warum? Es soll eine Länge betrachtet werden die so kurz wie möglich ist damit für den folgenden Vergleich die geringst mögliche Schalleistung mit dem PKW im Standlauf verglichen wird um auf der sicheren Seite zu sein.

Abhängig von:

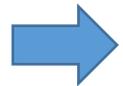
- Fahrbewegungszahle pro Stunde und Stellplatz $n_{h,Stp}$
- Stellplatzzahl B
- Länge der Zufahrt

Schalleistung – Zu- und Abfahrt

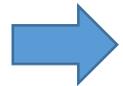


Ampelregelung - Emissionsansatz

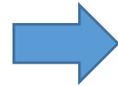
Zusätzliche Emissionen entstehen die ampelregelten Tiefgaragen durch im Standlauf wartende PKW vor der Einfahrt in die Tiefgarage



Maßgeblich ist die Wartezeit

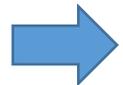


Festgelegt durch die Rotphase



Erhebungen in Graz St. Peter ergeben, dass die längsten beobachteten Rotphasen $t = 80 \text{ s}$ dauern

(8 TG Einfahrten wurden beobachtet)



Bei den Erhebungen zeigte sich, dass Ampelregelungen bei kleineren Wohnanlagen üblich sind



Das Land
Steiermark

Ampelregelung - Emissionsansatz

Zusätzliche Emissionen durch die Ampelregelungen:

Schalleistung eines PKW im Standlauf gemäß Emissionsdatenkatalog des Forum Schall:

85 dB

Einwirkzeit?

Beispiel:

40 s im Standlauf

$$L_W = L_{W0} + 10 \log_{10} \left(\frac{3600s}{40s} \right)$$

$$L_W = 65,5 \text{ dB}$$



Das Land
Steiermark

Ampelregelung - Emissionsansatz

Maximale beobachtete Rotphasendauer: $t = 80$ s

Ankunftszeitpunkte der PKW sind stochastisch unabhängig und zufällig verteilt (Poisson-Prozess)



Daher beträgt die mittlere Wartezeit: $t = 40$ s



Das Land
Steiermark

Ampelregelung - Emissionsansatz

Um die Emissionen zu berechnen ist es notwendig die gesamte Wartezeit aller PKWs (pro Stunde) zu berechnen.

Abhängig von:

- Fahrbewegungszahl pro Stunde und Stellplatz $n_{h,Stp}$
- Stellplatzzahl B
- Dauer der Rotphase (Ansatz: $t = 80$ s)

Ampelregelung - Emissionsansatz

Berechnung der Rampen-Besetzungswahrscheinlichkeit und Einwirkzeiten

Nun gilt es die durchschnittlichen Einwirkzeiten der im Standlauf wartenden Fahrzeuge auf Basis der Fahrbewegungen in Abhängigkeit der Stellplatzzahl zu berechnen. Unter der Annahme, dass nur eine Ausfahrt pro Stunde stattfindet, liegt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich beim Erreichen der Einfahrt innerhalb einer Stunde die Ampelschaltung gerade in einer Rotphase ($t = 80$ s Rotphase, siehe oben) befindet bei $p_1 = t/t_0 = 1,3/60 = 0.022$ (2,2%). Bei einer Anzahl von $n_A = n_e = \frac{n_h}{2}$ stattfindenden Ausfahrten (bei n_h Fahrbewegungen pro Stunde) errechnet sich die Besetzungswahrscheinlichkeit durch Ausfahrten mit $p_A = n_A \cdot t/t_0 = n_A p_1$. Die Wahrscheinlichkeit p_E dafür, dass pro Stunde gerade eine Einfahrt stattfindet beträgt $p_E = \frac{n_E}{60} \Delta t$, mit der Näherung, dass die Zeit für die Einfahrt Δt gering ist im Vergleich

t_0 ... Bezugszeit 60 min

Δt ... Dauer einer Einfahrt (sehr kurz)

n_A ... Anzahl der Ausfahrten pro Stunde

n_E ... Anzahl der Einfahrten pro Stunde



Das Land
Steiermark

Ampelgeregelt Tieggaragen - Emissionsansatz

Berechnung der Rampen – Besetzungswahrscheinlichkeiten und Einwirkzeiten

stattfindet beträgt $p_E = \frac{n_E}{60} \Delta t$, mit der Näherung, dass die Zeit für die Einfahrt Δt gering ist im Vergleich zu t . Bei Betrachtung des Intervalls von einer Stunde und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass $\sum(\Delta t) = 60 \text{ min}$ gilt, errechnet sich die Wahrscheinlichkeit $p_{AE} = p_A \cap p_E$ dafür, dass während einer stattfindenden Ausfahrt gleichzeitig eine Einfahrt stattfindet mit $p_{AE} = p_E p_A = \frac{n_A^2 t}{60}$ da beide Ereignisse stochastisch unabhängig voneinander sind. Daraus zeigt sich bereits, dass Emissionen im Zusammenhang mit Aus- und Einfahrten linear mit der Zahl der Fahrbewegungen steigen während die Wahrscheinlichkeit p_{AE} mit dem Quadrat der Fahrbewegungen steigt. Daraus lässt sich weiters die mittlere Zeit zwischen zwei solcher Situation (Ankunft eines Fahrzeugs während einer Rotphase) durch

$$t_{AE} = \frac{60^2}{n_A^2 t} = \frac{7200}{n_h^2 t} \text{ ausdrücken.}$$

t_{AE} ... Zeit zwischen Zwei bei Rot wartenden Fahrzeugen ($60/p_{AE}$),
 p_{AE} ... Wahrscheinlichkeit dafür, dass es zu einer Situation mit einem bei Rot wartenden Fahrzeugen kommt

Ampelgeregelte Tiefgaragen - Emissionsansatz

Wartezeit bei Rotphase:

$$t_W = p_{AE} \frac{t}{2} = \frac{n_A^2 t t}{60 \cdot 2} = \frac{n_h^2 t t}{2^2 \cdot 60 \cdot 2}$$

$$n_A = n_E = \frac{n_h}{2}$$

$$t_W = \frac{n_h^2 t^2}{480} \quad \text{mit } t = 80 \text{ s}$$

$\frac{t}{2}$...durchschnittliche
Wartezeit

$$L_{W,W} = 85 \text{ dB} - 10 \log_{10}(t_W)$$

Quadratische Gesetzmäßigkeit! (n und t)

t_w ... Wartezeit pro Stunde



Kritischer Zeitraum ist der Abend



Das Land
Steiermark

Einige Folgerungen aus dem Ansatz

Wie hoch muss die Stellplatzzahl sein, damit es pro Stunde zu einer Ein- und einer Ausfahrt kommt? (Es gilt mindestens $n = 2$ damit Wartezeiten auftreten können)

Tag und Abend: 14 Stellplätze
Nacht: 100 Stellplätze

Tabelle 1: Angaben gemäß Tabelle 33 der bayrischen Parkplatzlärmstudie zu den im Zusammenhang mit Wohnanlagen relevanten Bewegungshäufigkeiten. $n_{h, Stp}$ bezeichnet die Anzahl der Fahrbewegungen pro Stunde und Stellplatz.

| Parkplatzart | Bezugsgröße | $n_{h, Stp}$ | | | ungünstigste Stunde |
|--------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| | | Tag (6–19 Uhr) | Abend (19–22 Uhr) | Nacht (22–06 Uhr) | |
| Tiefgarage | 1 Stellplatz | 0,15 | 0,15 | 0,02 | 0,09 |



Ampelgeregelt Tiefgaragen - Emissionsansatz

Wie hoch muss die Stellplatzzahl sein, damit es innerhalb des Beurteilungszeitraums im Mittel zu einer Wartephase kommt?

Tag: 25 Stellplätze
Abend: 52 Stellplätze
Nacht: 238 Stellplätze

Theor. Abstand zwischen zwei Wartephasen bei roter Ampel:

$$t_{AE} = \frac{1}{p_{AE}} = \frac{60^2}{n_A^2 t} = \frac{7200}{n_h^2 t}$$

Wie hoch muss die Stellplatzzahl sein, damit es innerhalb einer Stunde im Mittel zu einer Wartephase kommt?

Tag und Abend: 90 Stellplätze
Nacht: 670 Stellplätze



Das Land
Steiermark

Gegenüberstellung der Emissionsquellen

Toröffnung:

$$L_{W'',1h} = 50 \text{ dB} + 10 \log_{10}(n_{h,Stp} B) + 10 \log_{10}(S)$$

Fahrbewegungen:

Betrachtung eines 6 m (1,5 fache durchschnittlichen Fahrzeuglänge) langen Stücks einer Einfahrt (Summenmaß)

$$L_{W,F} = L'_W + 10 \log_{10}(l) = 50,9 \text{ dB (Einfahrt) bzw. } 52,0 \text{ dB (Ausfahrt)}$$

Standlauf bei Rotphase:

$$t_W = \frac{n_h^2 t^2}{480}$$

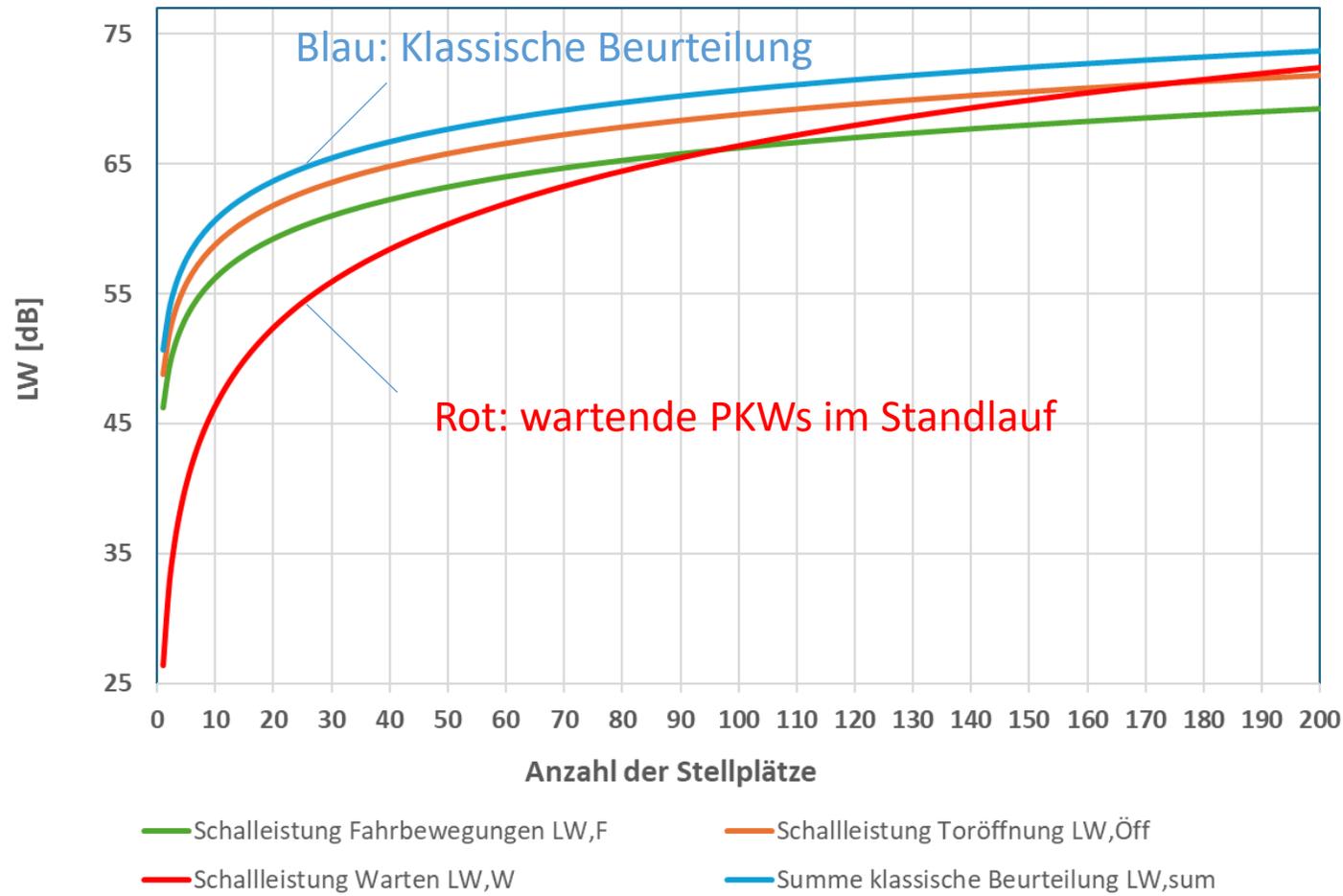
$$L_{W,W} = 85 \text{ dB} - 10 \log_{10}(t_W)$$



Das Land
Steiermark

Gegenüberstellung von Emissionsquellen

Tag und Abend



**Veränderung von rund 1 dB
(also 0,5 dB: ab 10 dB unter
der blauen Kurve):**

Ab 26 Stellplätzen möglich!

**Veränderung von genau
+1 dB:**

Ab 68 Stellplätzen.

Gegenüberstellung von Emissionsquellen

Die Gegenüberstellung ist lediglich als informative Abschätzung zu betrachten, unter anderem wurden folgende Näherungen gemacht

- Der Abstand des Immissionspunktes von den Quellen ist kleiner als der doppelte Abstand zwischen den einzelnen Quellen.
- Die Schalleistung für Fahrbewegungen wurde für ein 6 m langes Segment berechnet, aus oben beschriebenen Überlegungen.
- Die Fläche des Garagentores wurde mit 8 m² angenommen.
- Es wird eine Ausführung der Tiefgaragenrampe gemäß dem Stand der Technik vorausgesetzt, mit schallabsorbierender Verkleidung der Innenflächen.



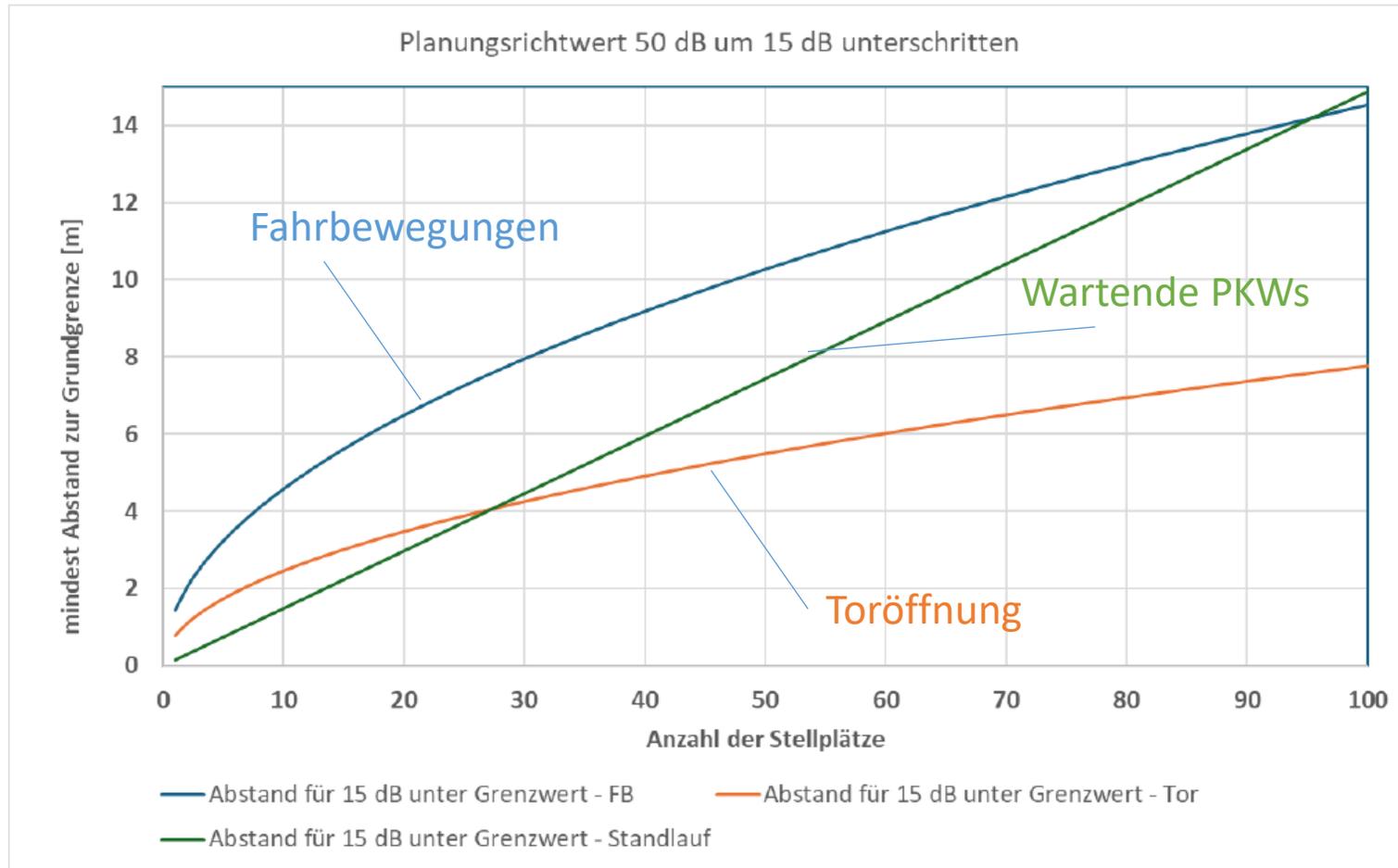
Auswirkungen auf baurechtliche Beurteilungen

Betrachtung der Auswirkungen auf Grundgrenzen

Allgemeines Wohngebiet **Planungsrichtwert** (ÖNORM S 5021): **50 dB**

Welcher Abstand als Funktion der Stellplatzzahl muss von der jeweiligen Quelle eingehalten werden, damit der Planungsrichtwert um 15 dB unterschritten wird? (also eine Veränderung des Planungsrichtwerts von weniger als 0,1 dB)

Baurechtliche Beurteilungen



Die Zu- und Abfahrten geben den Mindestabstand vor

Ab 90 Stellplätzen dominieren PKW im Standlauf

Abbildung 2: Mindestabstand zur Grundgrenze r der jeweiligen Immissionsart zur Unterschreitung des Planungsrichtwerts für den Zeitraum Abend für Allgemeines Wohngebiet.

Zusammenfassung

Ein „besonderer Umstand“ in Form einer signifikanten Auswirkung einer Ampelregelung bei einer Tiefgarage kann sich ab circa **25 Stellplätzen** ergeben

Zusätzliche Immissionen im Ausmaß von **+1 dB** in Bezug auf die klassischen Beiträge (Tor und Fahrbewegungen auf der Rampe) sind ab circa **68 Stellplätzen** zu erwarten.

Ein Ansatz für die Berücksichtigung von vor einer ampelgeregelten Einfahrt wartenden PKWs wurde präsentiert



Das Land
Steiermark

Empfohlener Ansatz für ampelgeregelte Tiefgarageneinfahrten

$$t_W = \frac{n^2 t^2}{480} \quad \text{mit } t = 80 \text{ s}$$

und

$$L_{W,W} = 85 \text{ dB} - 10 \log_{10}(t_W).$$

Bei Verwendung der Software Cadna A muss die Einwirkzeit pro Stunde t_W auf die entsprechenden Beurteilungszeiträume Tag, Abend und Nacht hochgerechnet werden. Alternativ sei auf den Zuschlag