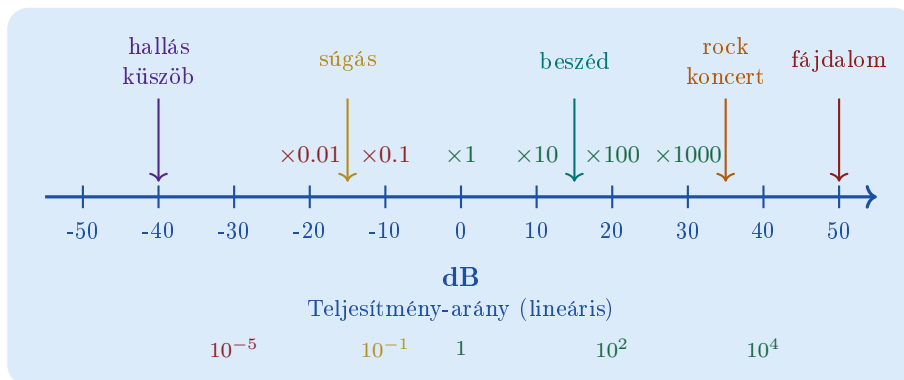


# A decibel világa

*dB, dBm, dBu, dBV, dBW, dBFS, dBi, dBμV...*

*Miért, hogyan, és melyiket hol?*



Jelek és Rendszerek tananyag

A logaritmikus gondolkodástól a gyakorlati mérés technikáig

(c) Aradi Attila 2026

## Contents

<b>1</b>	<b>Miért decibel? – A logaritmikus gondolkodás</b>	<b>1</b>
1.1	A probléma: hatalmas dinamikatartomány . . . . .	1
1.2	A Bel és a decibel története . . . . .	2
1.3	A fül is logaritmikusan érzékel . . . . .	2
<b>2</b>	<b>A relatív decibel: dB (arány)</b>	<b>2</b>
2.1	Teljesítményarány . . . . .	2
2.2	Feszültség- és áramarány . . . . .	2
2.3	A legfontosabb dB-értékek – fejből számolás . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Abszolút decibel-egységek: referencia-szintek</b>	<b>3</b>
3.1	Teljesítmény-alapú egységek . . . . .	3
3.2	Feszültség-alapú egységek . . . . .	4
3.3	Digitális audio . . . . .	5
3.4	Antennatechnika . . . . .	6
3.5	Akusztika . . . . .	6
3.6	Speciális/ritkább változatok . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Számolási szabályok és tipikus hibák</b>	<b>8</b>
4.1	Alapműveletek dB-ben . . . . .	8
4.2	Tipikus hibák . . . . .	9
<b>5</b>	<b>A dB a Bode-diagramon</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Gyakorlati átszámítások</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Összefoglalás</b>	<b>11</b>

## 1 Miért decibel? – A logaritmikus gondolkodás

### 1.1 A probléma: hatalmas dinamikatartomány

A mérnöki gyakorlatban a jelek szintje **hatalmas tartományt** fog át:

- Egy rádióadó teljesítménye: 10 000 W, a vevőhöz érkező jel: 0,000 000 001 W – ez  $10^{13}$ -szoros különbség!
- Az emberi fül  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> (hallásküszöb) és 1 W/m<sup>2</sup> (fájdalomhatár) között érzékel – ez  $10^{12}$ -szoros (= 120 dB) tartomány.
- Egy 24 bites ADC dinamikatartománya:  $2^{24} \approx 16\,700\,000$ -szoros ( $\approx 144$  dB).

Ilyen számokat nem praktikus lineárisan kezelni. A **logaritmikus skála** tömöríti az értékeket: a milliószoros különbség mindössze 60 dB.

## 1.2 A Bel és a decibel története

Alexander Graham Bell Az egység névadója Alexander Graham Bell, a telefon feltalálója. A Bell Telephone Laboratories mérnökei az 1920-as években vezényelték be a “transmission unit”-ot, amelyet később **bel**-nek (B) neveztek el. Mivel 1 bel túl nagy egység volt a mindennapi használathoz, a **decibel** (= 0,1 bel) vált szabványossá.

## 1.3 A fül is logaritmikusan érzel

A Weber–Fechner törvény kimondja, hogy az emberi érzékelés intenzitása a fizikai inger **logaritmusával** arányos:

$$\text{Érzékelés} \propto \log(\text{inger})$$

Ezért a dB-skála **természetes** az akusztikában, és ezért használjuk a Bode-diagramon is.

## 2 A relatív decibel: dB (arány)

### 2.1 Teljesítményarány

A decibel alap-definíciója – teljesítmény

Két teljesítmény ( $P_1$  és  $P_2$ ) arányának logaritmikus mérőszáma:

$$L = 10 \log_{10} \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

A **bel** definíciója:  $\log_{10}(P_1/P_2)$ . A **decibel** ennek tizedreésze, ezért szorzunk 10-zel.

### 2.2 Feszültség- és áramarány

Mivel a teljesítmény arányos a feszültség **négyzetével** ( $P = V^2/R$ ):

Decibel – feszültség/áram

$$L = 20 \log_{10} \left( \frac{V_1}{V_2} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{I_1}{I_2} \right) \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

A 20-as szorzó abból ered, hogy  $10 \log(V^2/V_{\text{ref}}^2) = 20 \log(V/V_{\text{ref}})$ .

Mikor?	Szorzó	Példa
Teljesítmény ( $P, P_{\text{SD}}$ )	$10 \log_{10}$	+3 dB = 2× telj.
Feszültség, áram, hangnyomás ( $V, I, p$ )	$20 \log_{10}$	+6 dB = 2× fesz.

### 2.3 A legfontosabb dB-értékek – fejből számolás

dB	Telj.-arány	Fesz.-arány	Megjegyzés
0 dB	1×	1×	nincs változás
+3 dB	≈ 2×	≈ 1,41×	<b>kétszeres teljesítmény</b>
+6 dB	≈ 4×	≈ 2×	<b>kétszeres feszültség</b>
+10 dB	10×	≈ 3,16×	egy nagyságrend
+20 dB	100×	10×	két nagyságrend
+40 dB	10 000×	100×	
+60 dB	1 000 000×	1000×	
−3 dB	≈ 0,5×	≈ 0,707×	<b>fél teljesítmény (−3 dB pont!)</b>
−6 dB	≈ 0,25×	≈ 0,5×	fél feszültség
−10 dB	0,1×	≈ 0,316×	tized teljesítmény
−20 dB	0,01×	0,1×	század teljesítmény

**Fejből számolási trükk:** A dB-eket **össze lehet adni**, mert a logaritmus szorzást összeadássá alakít!

Példa: +23 dB = +20 + 3 = 100 × ·2× = 200× (teljesítmény).

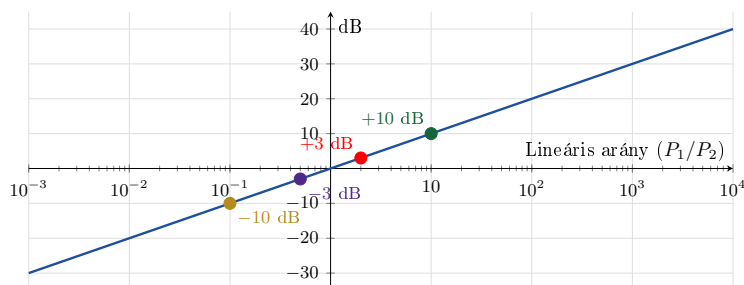


Figure 1: A decibel-skála: lineáris teljesítményarány ↔ dB átszámítás.

## 3 Abszolút decibel-egységek: referencia-szintek

A “sima” dB mindig **két mennyiség arányát** fejezi ki. Ha **abszolút szintet** akarunk megadni, rögzíteni kell a referenciát. Ilyenkor a dB utáni betű jelzi, **mihez képest** mérünk.

### 3.1 Teljesítmény-alapú egységek

**dBm – referencia: 1 milliwatt**

$$P_{\text{dBm}} = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \quad (3)$$

A **leggyakoribb** abszolút egység a rádiótechnikában és a távközlésben.

dBm	Teljesítmény	Példa
+50 dBm	100 W	FM rádióadó
+30 dBm	1 W	WiFi AP max. (egyres országok)
+20 dBm	100 mW	mobiltelefon tipikus
+10 dBm	10 mW	Bluetooth Class 1
0 dBm	<b>1 mW</b>	<b>referenciapont</b>
-10 dBm	100 $\mu$ W	
-30 dBm	1 $\mu$ W	rádióvevő bemenete
-80 dBm	10 pW	WiFi jelszint (gyenge)
-110 dBm	0,1 fW	GPS vevő jelszintje
-174 dBm/Hz		termikus zajszint ( $kT$ )

**dBW – referencia: 1 watt**

$$P_{\text{dBW}} = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{1 \text{ W}} \right) \quad (4)$$

Nagyméretű adórendszereknl (műholdas kommunikáció, radar).

Kapcsolat:  $P_{\text{dBW}} = P_{\text{dBm}} - 30$ .

Példa: +20 dBW = +50 dBm = 100 W.

**3.2 Feszültség-alapú egységek****dBV – referencia: 1 volt**

$$V_{\text{dBV}} = 20 \log_{10} \left( \frac{V}{1 \text{ V}} \right) \quad (5)$$

Professzionális audiomérések, műszeres mérés technika.

Példa: 1 V = 0 dBV; 0,316 V = -10 dBV; 10 V = +20 dBV.

**dBu – referencia: 0**

$$V_{\text{dBu}} = 20 \log_{10} \left( \frac{V}{0,7746 \text{ V}} \right) \quad (6)$$

Miért pont 0,7746 V? Mert 600  $\Omega$ -os terheléssel ez pontosan **1 mW** teljesítményt ad:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(0,7746)^2}{600} = 0,001 \text{ W} = 1 \text{ mW}$$

Az “u” az *unterminated* rövidítése: a feszültség az **impedanciától függetlenül** érvényes.

**Profí audio szintek:**

Szint	dBu	Feszültség
Professzionális vonalszint	+4 dBu	1,228 V
Fogyasztói vonalszint	-10 dBV	0,316 V ( $\approx -7,8$ dBu)
Mikrofon (tipikus)	-40 dBu	7,75 mV

**dB $\mu$ V – referencia: 1 mikrovolt**

$$V_{\text{dB}\mu\text{V}} = 20 \log_{10} \left( \frac{V}{1 \mu\text{V}} \right) \quad (7)$$

EMC (elektromágneses összeférhetetlenség) mérésekben és antennametriában használatos.

Kapcsolat:  $V_{\text{dB}\mu\text{V}} = V_{\text{dBV}} + 120$ .

Példa:  $1 \text{ mV} = 60 \text{ dB}\mu\text{V}$ ;  $1 \text{ V} = 120 \text{ dB}\mu\text{V}$ .

**3.3 Digitális audio****dBFS – referencia: Full Scale (digitális csúcshint)**

$$V_{\text{dBFS}} = 20 \log_{10} \left( \frac{|x|}{x_{\text{FS}}} \right) \quad (8)$$

ahol  $x_{\text{FS}}$  az ADC/DAC maximális kitérése („full scale”).

**Fontos:** A dBFS érték **mindig**  $\leq 0$ ! A 0 dBFS a maximális jel, ami felett **clipping** (levágás) történik.

dBFS	Kitérés	Jelentés
0 dBFS	100%	csúcshint (clipping határa)
-1 dBFS	$\approx 89\%$	tipikus csúcsérték-limit
-6 dBFS	50%	fél amplitúdó
-12 dBFS	25%	negyed amplitúdó
-20 dBFS	10%	
-60 dBFS	0,1%	nagyon halk
-96 dBFS		16 bit dinamika alja
-144 dBFS		24 bit dinamika alja

**Dinamikatartomány**  $n$  bites ADC esetén:  $\text{DR} \approx 6,02 \cdot n + 1,76 \text{ dB}$ .

Két változat létezik:

- **dBFS (csúcs):** a pillanatnyi csúcsérték a full scale-hez képest. Szinusznál a csúcs = 0 dBFS.
- **dBFS (RMS):** a hatékony érték a full scale-hez. Full-scale szinusznál az RMS = -3,01 dBFS.

A kettő közötti különbség szinuszra **3 dB** – mindig kérdezzük meg, melyikről van szó!

### 3.4 Antennatechnika

**dBi – referencia: izotrop sugárzó**

$$G_{\text{dBi}} = 10 \log_{10} \left( \frac{G}{G_{\text{izotrop}}} \right) \quad (9)$$

Az antenna **irányítottági nyeresége** az ideális gömbsugárzóhoz képest.  
Az izotrop antenna  $G = 1$  (= 0 dBi): minden irányba egyformán sugároz.

Antenna típus	dBi	Jellemző
Izotrop (elméleti)	0 dBi	gömbyszerű sugárzás
Félhullámú dipólus	2,15 dBi	referencia amatőr rádióban
GP (ground plane)	≈ 5 dBi	vertikális omnidirekcionális
Yagi (3 elem)	≈ 7 dBi	irányított
Yagi (10+ elem)	≈ 13 dBi	erősen irányított
Parabola (2 m, 10 GHz)	≈ 38 dBi	műholdas, radar

**dBd – referencia: félhullámú dipólus**

$$G_{\text{dBd}} = G_{\text{dBi}} - 2,15 \quad (10)$$

Amatőr rádióban és régebbi irodalomban gyakori. A dipólus nyeresége definíció szerint 0 dBd = 2,15 dBi.

**EIRP és ERP – sugárzott teljesítmény**

**EIRP** (Equivalent Isotropically Radiated Power):

$$\text{EIRP}_{\text{dBm}} = P_{\text{TX,dBm}} - L_{\text{kábel,dB}} + G_{\text{antenna,dBi}}$$

**ERP** (Effective Radiated Power): dipólushoz képest:

$$\text{ERP}_{\text{dBm}} = \text{EIRP}_{\text{dBm}} - 2,15$$

Az EIRP a szabványokban (pl. WiFi szabályozás) a maximális megengedett sugárzást jelzi.

### 3.5 Akusztika

**dB SPL – referencia: 20  $\mu$ Pa (hangnyomás)**

$$L_p = 20 \log_{10} \left( \frac{p}{20 \mu\text{Pa}} \right) \quad [\text{dB SPL}] \quad (11)$$

A 20  $\mu$ Pa  $\approx$  az emberi hallásküszöb 1 kHz-en.

dB SPL	Példa
0	hallásküszöb
20–30	súgás, falevl-zizegés
50–60	normál beszéd
70–80	forgalmas utca, porszívó
90–100	gyári zaj, láncfűrész
110–120	rockkoncert, repülőgép felszállás (közelről)
130+	fájdalomküszöb, azonnali hallkárosodás

**dB(A) és dB(C) – súlyozott hangnyomás**

Az emberi fül nem egyformán érzékeny minden frekvenciára. A súlyozási görbék ezt kompenzálják:

- **A-súlyozás** – a halk-közepes szintek érzékelését modellezi (az alacsony és nagyon magas frekvenciákat elnyomja). Környezeti zajmérésben szabvány.
- **C-súlyozás** – hangos jeleknél pontosabb („laposabb” görbe). Csúcshangmérésben használatos.

**3.6 Speciális/ritkább változatok**

## Egyéb dB-változatok

Jelölés	Referencia	Használat
dBm	1 mW	RF teljesítmény (leggyakoribb)
dBW	1 W	nagy teljesítmények (műhold, radar)
dBV	1 V	professzionális audio, mérés technika
dBu	0,775 V	stúdió audio (600 Ω örökség)
dB $\mu$ V	1 $\mu$ V	EMC, antennamérés
dBFS	Full Scale	digitális audio
dB <sub>i</sub>	izotrop antenna	antennaerősítés
dB <sub>d</sub>	félhullám dipolus	antennaerősítés (rég)
dB SPL	20 $\mu$ Pa	hangnyomásszint
dB(A) / dB(C)	20 $\mu$ Pa + súlyozás	környezeti zajmérés
dBZ	1 mm <sup>6</sup> /m <sup>3</sup>	meteorológiai radar (csapadék)
dBsm	1 m <sup>2</sup>	radar-keresztmetszet (RCS)
dBc	a vivőjel szintje	fáziszaj, oldalsáv-elynyomás
dB/Hz	1 Hz sávszél.	zaj spektrális sűrűség

## 4 Számolási szabályok és tipikus hibák

## 4.1 Alapműveletek dB-ben

## A dB aritmetikája

Szorzás  $\rightarrow$  összeadás:

$$P_1 \cdot P_2 \quad \longleftrightarrow \quad P_{1,\text{dB}} + P_{2,\text{dB}}$$

Osztás  $\rightarrow$  kivonás:

$$P_1/P_2 \quad \longleftrightarrow \quad P_{1,\text{dB}} - P_{2,\text{dB}}$$

Hatványozás  $\rightarrow$  szorzás:

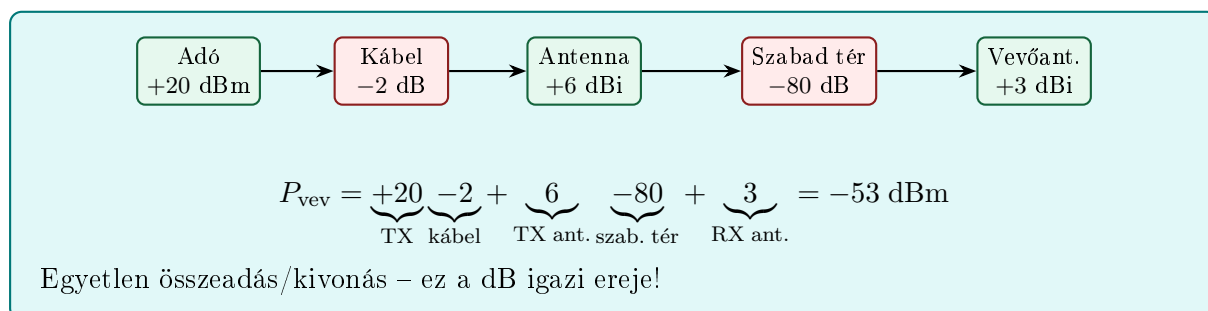
$$P^n \quad \longleftrightarrow \quad n \cdot P_{\text{dB}}$$

dB-ek összeadása NEM felel meg a lineáris összeadásnak!

$$P_1 + P_2 \neq P_{1,\text{dB}} + P_{2,\text{dB}} \quad (!)$$

Lineáris összeadáshoz vissza kell térni a lineáris tartományba!

Egy WiFi rendszer jelútja:



## 4.2 Tipikus hibák

1. **10 vs 20 összekeverése:** Teljesítményre 10 log, feszültségre 20 log. Ha bizonytalan vagy: gondolj arra, melyik a **fizikai mennyiség** – ha négyzetes kapcsolat van a teljesítménnyel ( $P = V^2/R$ ), akkor 20.
2. **dBm összeadás:** 10 dBm + 10 dBm  $\neq$  20 dBm! A helyes: 10 mW + 10 mW = 20 mW = 13 dBm.
3. **dBm és dB keverése:** dBm  $\pm$  dB = dBm  $\checkmark$  de dBm  $\pm$  dBm: értelmetlen dB-ben!
4. **dBFS pozitív érték:** A dBFS definíció szerint  $\leq 0$ . Ha  $> 0$ -t láatsz, az hiba vagy más referencia.
5. **dBí és dBd összekeverése:** 2,15 dB különbség! Egy kereskedő “5 dBí” antennája valójában 2,85 dBd.

## 5 A dB a Bode-diagramon

A Bode-diagram az átviteli függvény amplitúdóját dB-ben ábrázolja a frekvencia logaritmus függvényében:

Bode-diagram amplitúdó

$$|H(j\omega)|_{\text{dB}} = 20 \log_{10} |H(j\omega)| \quad (12)$$

A dB-skála előnyei a Bode-diagramon:

1. **Szorzás  $\rightarrow$  összeadás:** Soros kapcsolásnál  $|H_1 \cdot H_2|_{\text{dB}} = |H_1|_{\text{dB}} + |H_2|_{\text{dB}}$ .
2. **Aszimptotikus közelítés:** Az egyenesek meredeksége  $\pm 20$  dB/dekád pólusonként.
3. **-3 dB pont:** A törésponti frekvencia, ahol  $|H| = 1/\sqrt{2} \approx 0,707$  ( $= -3$  dB), azaz a fél-teljesítmény pont.

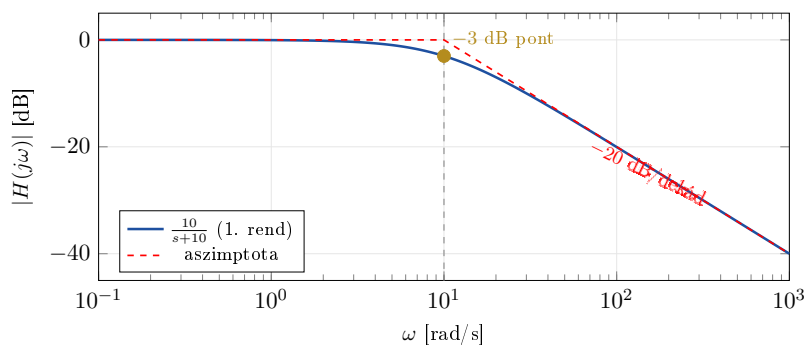


Figure 2: Elsőrendű aluláteresztő Bode-diagramja. A  $-3$  dB pont a törésponti frekvenciánál van.

## 6 Gyakorlati átszámítások

Mennyiség	dB $\rightarrow$ lin.	Lin. $\rightarrow$ dB
Teljesítmény	$P = 10^{L/10}$	$L = 10 \lg P$
Feszültség	$V = 10^{L/20}$	$L = 20 \lg V$
dBm $\rightarrow$ mW	$P = 10^{L/10}$	$L = 10 \lg P_{\text{mW}}$

Gyors referencia: átszámítási képletek

**Átváltások:**

- dBW = dBm  $-30$
- dBu = dBV  $+2,22$
- dB $\mu$ V = dBV  $+120$
- dB $i$  = dBd  $+2,15$
- ADC: DR  $\approx 6,02n + 1,76$  dB

Egy 144 MHz-es amatőr adó:

- Adóteljesítmény: 50 W = +47 dBm ( $10 \log_{10}(50\,000) = 47$ )
- Kábelveszteség:  $-1,5$  dB
- Adóantenna: 10 dBi (Yagi)
- Szabad téri veszteség (50 km, 144 MHz):  $\approx -109$  dB
- Vevőantenna: 6 dBi
- Vevő kábelveszteség:  $-1$  dB

$$P_{\text{RX}} = 47 - 1,5 + 10 - 109 + 6 - 1 = -48,5 \text{ dBm}$$

Ha a vevő érzékenysége  $-120$  dBm, a jelszint-tartalék (margin):  $-48,5 - (-120) = +71,5$  dB. **Bőven elég!**

## 7 Összefoglalás

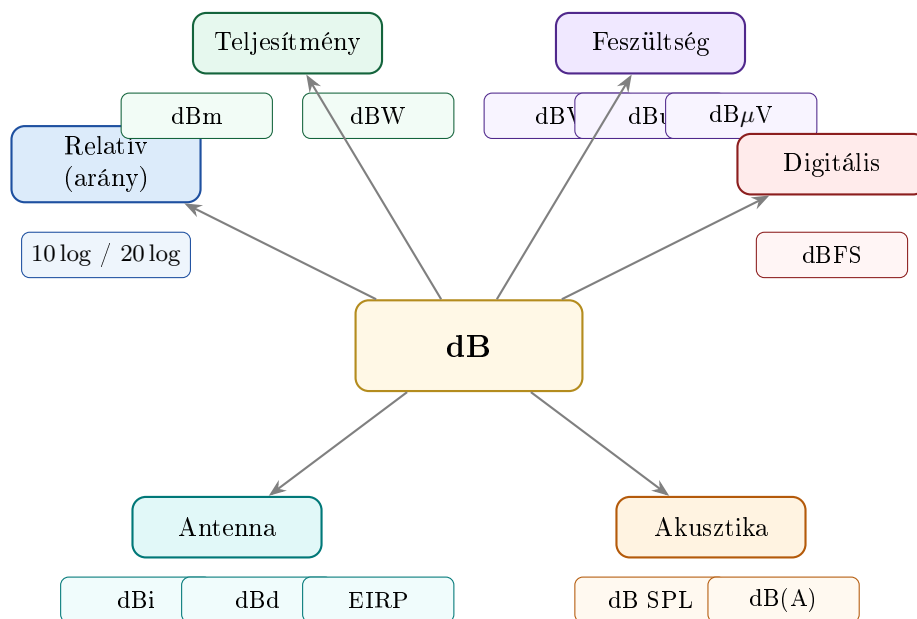


Figure 3: A decibel-család áttekintése: relatív dB és abszolút változatai területenként.

A decibel nem “varázsegység” – egyszerű logaritmikus arány, amelynek ereje a **szorzás-összeadás** átalakításban rejlik. A lényeg:

1. A “sima” **dB** mindig **arány** (nincs abszolút szint).
2. A **betű** (m, W, V, u, FS, i, d, SPL...) jelzi a **referenciát**.
3. Teljesítmény:  $10 \log$ . Feszültség/nyomás:  $20 \log$ .
4. dB-ek **összeadhatók** (szorzás/osztás), de lineáris összeadáshoz **vissza kell számolni**.
5.  $+3 \text{ dB}$  = kétszeres teljesítmény;  $+6 \text{ dB}$  = kétszeres feszültség;  $-3 \text{ dB}$  = fél teljesítmény.