

Vliv interferencí zvukových vln na požitek z koncertu

Jáchym Lis, Lukáš Burian*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Lisjachy@fjfi.cvut.cz, burialu3@fjfi.cvut.cz*

Abstrakt

V našem experimentu jsme se zabývali tvarem interferenčního obrazce zvukového vlnění v závislosti na pozici zdrojů a odrazivosti stěn místnosti za účelem demonstrace vlivu zvukové interference na kulturní prožitky z koncertů. Zároveň jsme pomocí stojatého vlnění měřili rychlost zvuku.

1 Úvod

Na koncertech je zvuk reprodukován vždy minimálně ze dvou zdrojů a u koncertů v sálech navíc ještě dochází k odrazu vln od stěn, tudíž dochází k interferencím a díky různé vlnové délce několika různých frekvencí se interferenční maxima různých frekvencí vytváří na různých místech.

2 Měření rychlosti zvuku

2.1 Teorie

Umístěním zdroje zvuku o známé frekvenci do určité vzdálenosti od překážky, která tyto vlny odráží zpět, dojde k interferenci vlnění od zdroje a vlnění odraženého od překážky. Tak dochází ke vzniku stojatého vlnění. Vzdálenost mezi dvěma maximy stojatého vlnění je polovina vlnové délky vlnění a rychlost zvuku se tedy vypočítá pomocí vzorce:

$$v = \lambda f = 2sf \quad (1)$$

Kde $s = \frac{\lambda}{2}$ je změřená vzdálenost mezi maximy a f je frekvence vlnění.

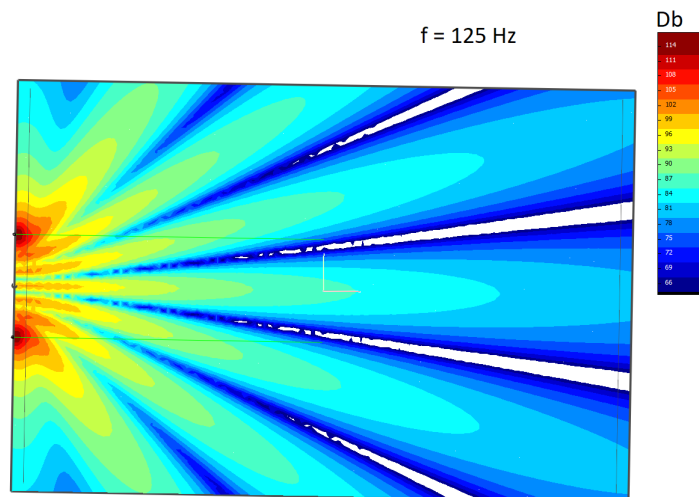
2.2 Měření

Naměřili jsme hodnoty $s = (0,495 \pm 0,05)$ m; $f = 315$ Hz. Vlnění bylo pro tento účel vytvořeno programem Audacity, chyba frekvence je tedy minimální. Pravděpodobnost chyby je vyšší v měření vlnové délky zvuku. Rychlost zvuku je podle našeho měření rovna $v = (312 \pm 31)$ m. Nižší hodnota oproti standardně uznávané je nejspíše způsobena příliš velkou chybou měření vlnové délky. Tato chyba odpovídá přibližně devíti procentům naměřených hodnot.

3 Interference vlnění ze dvou zdrojů

3.1 Teorie

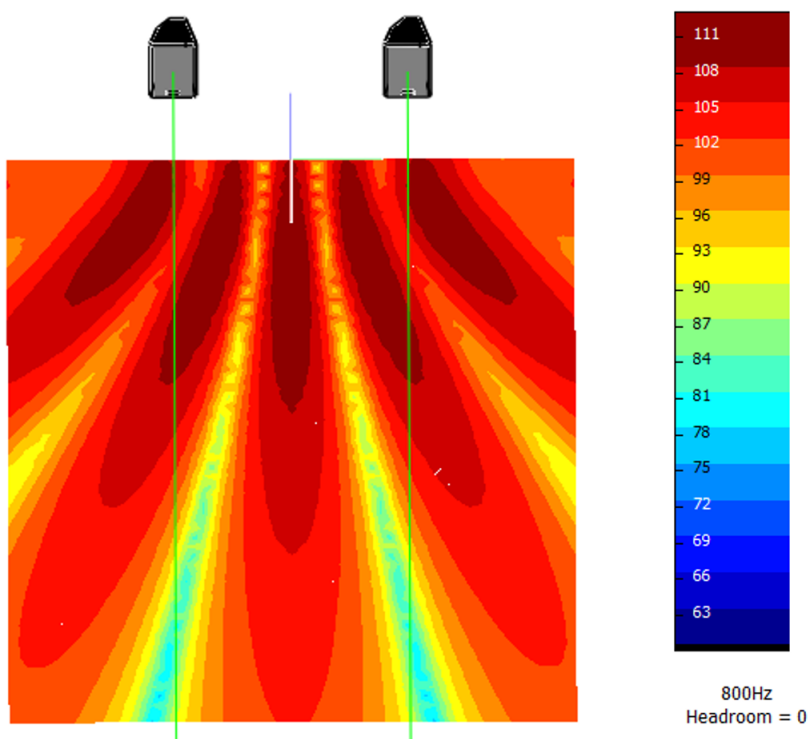
Vlny pocházející ze dvou různých zdrojů se v každém bodě setkávají a sčítají, respektive odčítají, podle toho, jaký je v daném místě rozdíl jejich fází. Vznikající rozdíly v akustickém tlaku jsou znázorněny na Obr 1.



Obr. 1: Ukázka rozdílů v akustickém tlaku vlivem interferencí.

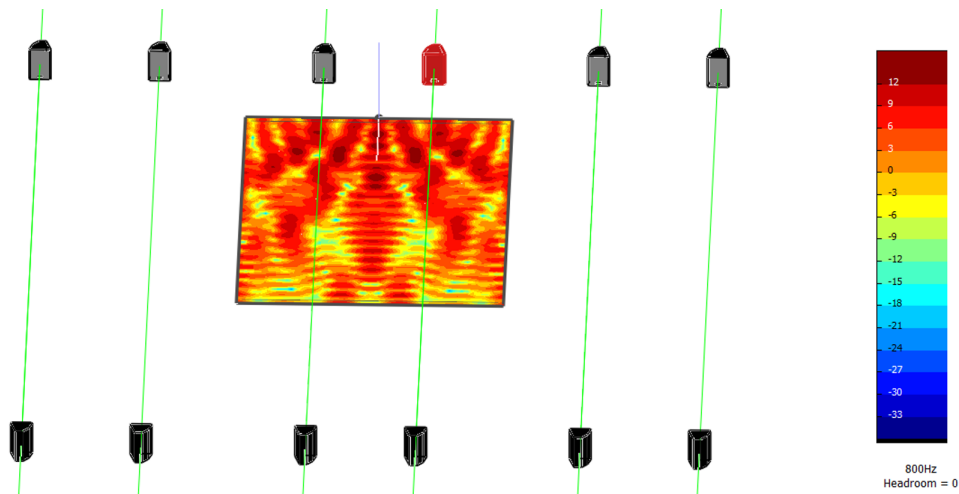
3.2 Experiment

Cílem našich experimentů bylo ověřit, zda může interference skutečně mít vliv na intenzitu zvuku v určitých místech uzavřené místnosti. Umístěním dvou zdrojů (frekvence 800 Hz, intenzita -100 dB) orientovaných rovnoběžně v místnosti $4,54 \text{ m} \times 3,15 \text{ m}$ bylo dosaženo slyšitelných lokálních rozdílů v akustickém tlaku. Tyto rozdíly v intenzitě zvuku jsme poté nahráli mikrofonom pro snazší interpretaci dat. Vzhledem k odrazům zvuku od stěn místnosti ale naměřené hodnoty neodpovídaly dříve provedeným simulacím provedeným v programu NS-1 (viz Obr 2).



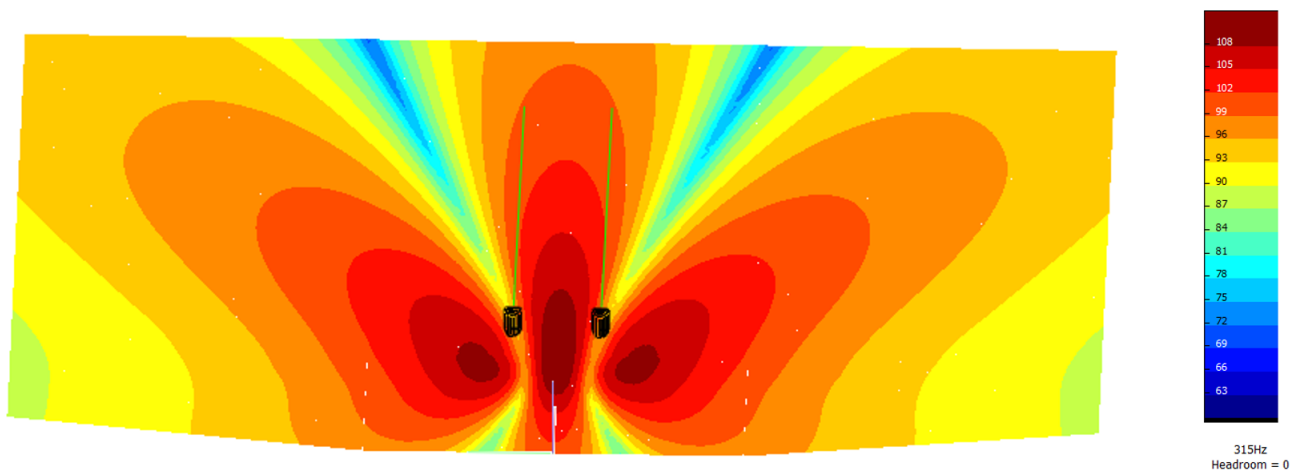
Obr. 2: Simulace rozdílů akustického tlaku v místnosti $4,54 \text{ m} \times 3,15 \text{ m}$ bez uvažování odrazů.

Poté byly provedeny další simulace (viz Obr 3), které zahrnovaly odrazy zvuku od stěn místnosti. Podle této simulace i podle měření byla interferenční maxima i minima lokalizována v příliš malých oblastech na to, aby šlo interpretovat nahrané záznamy s minimální chybou, a proto jsme se rozhodli další experimenty provést v místnosti B103.

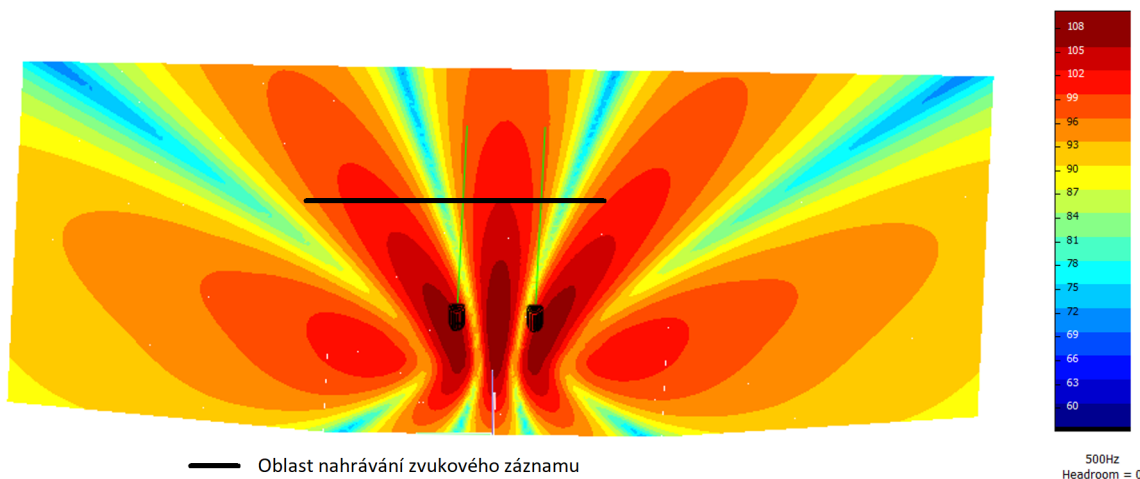


Obr. 3: Simulace rozdílů akustického tlaku v místnosti 4,54 m × 3,15 m s odrazy zvuku od stěn.

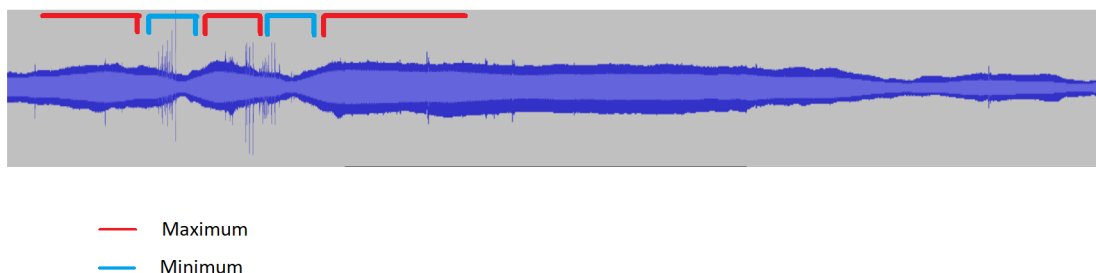
Po změření místnosti B103 a rozmístění zdrojů zvuku jsme vytvořili simulace pro frekvence 315 Hz a 500 Hz (Obr 4 a 5). Nahrávacím zařízením jsme pro co nejpřesnější měření pohybovali po křivce přibližně rovnoběžné s přímkou protínající zdroje zvuku (Obr 5). Po zvýšení rozlišení grafu hlasitosti zvukového záznamu v závislosti na čase (přičemž se mikrofon pohyboval téměř konstantní rychlostí, tudíž je čas ekvivalentní se změnou jeho polohy) v programu Audacity jsme získali viditelné změny v hlasitosti, které potvrzují rozdíly způsobené zvukovou interferencí (Obr 6). Rozložení interferenčních maxim a minim však bylo výrazně jiné, než jaké jsme čekali na základě simulací, které nepočítaly s odrazy od stěn. Jelikož po provedení simulací v menší místnosti se prokázalo, že odlišnosti jsou způsobeny odrazy a není nám znám jiný důvod, proč by tomu mělo být, předpokládáme, že tomu tak je i v místnosti B103.



Obr. 4: Simulace interferenčního obrazce v místnosti B103 pro monofrekvenční zvuk 315 Hz



Obr. 5: Simulace interferenčního obrazce v místnosti B103 pro monofrekvenční zvuk 500 Hz



Obr. 6: Graf intenzity zvukového záznamu pořízeného v místnosti B103 (500 Hz)

4 Závěr

Podařilo se nám pomocí stojatého vlnění změřit rychlost zvuku jako $v = (312 \pm 31)$ m, což se okrajem chyby trefuje do obvykle udávané rychlosti zvuku; chyba je pravděpodobně způsobena příliš nepřesným měřením vzdálenosti mezi dvěma interferenčními maximy.

Povedlo se nám dokázat, že interference zvukových vln mají slyšitelný vliv na hlasitost dané frekvence v dané pozici vzhledem ke zdrojům vlnění, a tudíž jsou schopny ovlivnit kulturní prožitky z koncertu. Navíc jsme zjistili, že odrazy od stěn místností mají na interference vlnění mnohem větší vliv, než jsme čekali.

5 Poděkování

Naše díky patří Jakubu Lisovi za seznámení se simulačním softwarem NS-1, Adamu Burianovi za zapůjčení zvukového vybavení a Karolíně Šobrové s Jakubem Chlumem za poskytnutí fotografie z jejich příspěvku.

6 Použitá literatura

- [1] Jaroslav Reichl, Martin Všetická, *Multimediální encyklopedie fyziky: Základní dělení zvuků* [Online]. [cit. 2. 11. 2019].
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/186-zakladni-deleni-zvuku2.11.2019>
- [2] Jaroslav Reichl, Martin Všetická, *Multimediální encyklopedie fyziky: Skládání vlnění* [Online]. [cit. 2. 11. 2019].
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/452-skladani-vlneni>
- [3] Walter Fendt, *Apps zur Physik: Stehende Welle* [Online]. [cit. 2. 11. 2019].
https://www.walter-fendt.de/html5/phen/standingwavereflection_en.htm
- [4] Příspěvatelé Wikipedie, *Rychlost zvuku* [Online]. [cit. 31. 10. 2019].
https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rychlost_zvuku&oldid=17809984