
Poznámky ke zrodu
české hudební akustiky:
od Ryby ke Strouhalovi



Viktor Hruška

*Briefly on the Origins of Czech
Music Acoustics: From Ryba to
Strouhal*

Abstract: The study summarises the development of Czech music acoustics in the 19th century, especially the contributions of Jakub Jan Ryba and Čeněk Strouhal among others. Historic background and connections to other sciences are given. The first Czech musical acoustic chapter in a treatise of Jakub Jan Ryba is analysed as well as texts of Czech aestheticians (Stecker, Durdík, Hostinský). Physicists and mathematicians such as Studnička, Mach and Doppler are mentioned. The study is completed by a chapter dealing with music acoustics of Čeněk Strouhal, the vortex sound discoverer.

Keywords: Czech music acoustics, Čeněk Strouhal, Gregor Vogler, history of music theory, Jakub Jan Ryba, Josef Durdík, Karel Stecker, Otakar Hostinský

Následující řádky představují stručné shrnutí vývoje české hudební akustiky 19. století s hlubším přihlédnutím k některým významným osobnostem, které se na tomto vývoji podepsaly a na jejichž práci v oboru hudební akustiky je dobré upozornit kupříkladu i proto, že jsou známy pro jiné vědecké počiny (například estetik Josef Durdík nebo experimentální fyzik Čeněk Strouhal – viz níže).

Text ukazuje postupné pronikání hudební akustiky do naší odborné literatury a jeho těžištěm jsou blíže rozebrané práce Jakuba Jana Ryby a Čenka Strouhala. Kvůli udržení přehlednosti hlavní linie textu je pro některé rozšiřující komentáře častěji užit petitem tištěný exkurz.

Vývoj hudební akustiky nemůže začít, pokud se v daném kulturním prostředí (určeném v první řadě jazykem) nevybuduje dostatečná základna v hudebněteoretickém písemnictví. Klíčový je tento aspekt jak kvůli terminologii, tak celkové úrovni uvažování: hudební akustika je interdisciplinární nauka, a vyžaduje tedy dostatečnou vyspělost všech partnerských věd. V tomto ohledu představovalo na naší scéně největší zdržení 17. století (bělohorské události, následky třicetileté války), které navíc zpřetrhalo vazby na českobratrské autory píšíci o hudbě v češtině, Jana Blahoslava a Jana Josquina.

Literatura o hudbě v českém jazyce se tak velmi pozvolna opětovně etabluje až v průběhu 18. století¹ a skutečně ucelený originální text představuje vlastně teprve práce Jakuba Jana Ryby *Počáteční a všeobecní základové ke všemu umění hudebnému* vydaná dvě léta po smrti svého autora roku 1817.² Vzhledem k tomu, že by tento spis mohl být velmi dobře považován za zakládající práci, byť v oboru hudební akustiky nepůvodní, budeme po zastávce u abbé Voglera sledovat další vývoj právě od něj.

Ve stručnosti připomeňme stav poznání, který v hudební akustice a jejích sesterských disciplínách panoval na začátku 19. století. Vlnová podstata zvuku byla již velmi dobře známa a teoretické i praktické nástroje k jejímu dalšímu poznávání za sebou měly řádově desítky let plodného vývoje. Nejběžnější tvar vlnové rovnice dokonce nese jméno Jeana le Rond d'Alemberta (1717–1783), kromě přínosu na poli matematiky a fyziky rovněž hudebního teoretika. Devatenácté století ještě tento obraz doplnilo o popis příčin zvukových jevů, které lze vysvětlit pomocí statisticky pojaté kinetické teorie plynů (například otázky teoretického určení rychlosti zvuku a její závislosti na teplotě) a první experimenty s generováním zvuku ve vířivém proudění plynů, které se přímo týká všech hranových aerofonů. Právě na popisu posledně jmenovaného jevu se významně podepsala česká akustika v osobě Čenka Strouhala (viz níže).

Pro hudební akustiku a hudební teorii znamenalo osvícenství a prudký rozvoj přírodních věd v 18. století požehnání i prokletí. Zdálo se, že prediktivní schopnosti matematizované

¹ Blíže k tomuto procesu viz Ludvová, Jitka. *Česká hudební teorie 1750–1850*. Praha: ČSAV, 1985.

² Ryba, Jakub Jan. *Počáteční a všeobecní základové ke všemu Vměň hudebnému*. W Praze: Karel Wiljm Enders, 1817.

fyziky jsou dokonalé, a co víc, obsahují v sobě jistou *přírodní danost*, která maže spoustu otázek „proč?“. Klíčovým dílem kopírujícím myšlenkovou stavbu přírodovědných pojednání na poli hudební teorie je samozřejmě Rameauovo *Pojednání o harmonii na základě přírodních principů*. Na světě bylo odvození konsonance durového kvintakordu z alikvotní řady, jenže postupem času také naprosté překroucení fyzikálního smyslu v podobě odvození konsonance mollového trojzvuku z neexistující zrcadlové alikvotní řady. Kromě tohoto známého evidentního omylu zde byl ale další rozpor koncepční: ne vše v lidském vnímání je ukryto v přístrojově měřeném zvukovém signálu. Fyzikální akustiku je nutné jako základ přijmout, ale rovněž neváhat opustit. Aspekty lidské fyziologie a psychologie začaly do hudební akustiky a teorie vnášet až v 19. století postavy jako Fechner, Weber a v první řadě Helmholtz. Přímo na německé větvi univerzity v Praze pracoval na své slavné *Tonpsychologie* Carl Stumpf.

Pražské působení abbé Voglera

Georg Joseph Vogler, známý také podle svého nejnižšího kněžského svěcení jako abbé Vogler, teoretik, světooběžník a v neposlední řadě zřejmě přitažlivá, společensky obratná osobnost, pobýval v Praze jedinou sezónu mezi zářím 1801 a červnem 1802.³ Na jeho krátkém pražském působení lze ukázat jednak dva jeho neúspěchy na poli aplikované akustiky, ale zejména poslouží jako ilustrace celkové připravenosti (resp. nepřipravenosti) naší kulturní a vědecké společnosti hudební akustiku přijmout. Podstatná je zejména ta okolnost, že Vogler nabídl vůbec první pražské veřejné přednášky o hudbě a poprvé u nás ve zvláštním přednáškovém bloku vykládal přímo hudebněteoretické téma.⁴

Obsah přednášek lze rekonstruovat podle Voglerovy *Handbuch zur Harmonielehre und für den Generalbass* vydané v Praze roku 1802. Abbé v této práci už postupně odmítá generálbasovou techniku a harmonii reviduje na akustických základech. Takto vedenou výuku s velmi široce pojatým obecným základem ovšem velký počet posluchačů nevydržel – co začínalo jako společensky prestižní akce v přeplněné posluchárně, to se zanedlouho stalo velmi komorní výukou ve Voglerově bytě, vedenou ke konci pouze pro tři studenty. Lze se domnívat, že mezi nimi byl Václav Jan Tomášek i budoucí první ředitel pražské konzervatoře Fridrich Dionys (Bedřich Diviš) Weber.⁵

Voglerovo pedagogické působení bylo doplněno koncertní a, řekněme, praktickou akustickou činností. Do obou kategorií se počítá předvedení abbého orchestrionu, čtyřmanuálových přenosných varhan imitujících v jednotlivých rejstřících nástroje orchestru. Pro Prahu si navíc Vogler přichystal i speciální projekt jejich zesílení směrováním vyzářených zvukových vln:

³ Viz Ludvová, Jitka. „Abbé Vogler a Praha“. *Hudební věda*. 1982, roč. 19, č. 1, s. 99.

⁴ *Tamtéž*, s. 99–100.

⁵ *Tamtéž*, obsah výuky s. 106–108, zmínka o Tomáškově a Weberovi, s. 109.

„[...] nechal zhotovit měděný odlitek ve tvaru poloviny tympánu [...], od kterého očekával, že bude plnit funkci akustického ohniska. [...] Po několik měsíců se v Klementinu stavělo dřevěné parabolické zvukové zrcadlo, 38 stop široké (tj. asi 11 metrů), 17 stop vysoké a 9 stop nahoře i dole přesahující. Tento tvar ‚akustické zdi‘ považoval Vogler za vzor pro akustická řešení všech koncertních sálů. Orchestrion byl uschován v bedně, od níž vedla zužující se kovová trubice, která měla směřovat zvukové vlny do akustického ohniska, odkud by se zesílené obracely zpět k posluchačům.“⁶

Očekávaný, několikrát odložený koncert s pestrým a exotickým programem (mj. imitace bouře nebo africký pohřební žalozpěv) se nesetkal s úspěchem. Abbého hra jednoduše nebyla slyšet.⁷ Zřejmě právě toto faux pas bylo společně s neúspěšnými univerzitními čteními důvodem, proč Vogler svůj pražský pobyt dále neprodlužoval.

Bez bližších technických specifikací nelze důvod Voglerova neúspěchu určit s jistotou, abbé se však dopustil několika zřejmých chyb. Nechal svůj nástroj rezonovat v pravouhlém prostoru, ze kterého vyvedl zužující se vlnovod. Oba tyto prvky výrazně filtrují zvuk a na výstupu z trubice skončila jen malá část nástrojem vyzářeného výkonu. Dále se Vogler v analogii s optikou spolehl na paprskovou geometrii vlnového pohybu. Standardní požadavek na platnost tohoto přiblížení ovšem je, aby rozměry odrazné soustavy byly mnohem větší než vlnové délky přenášených signálů. Pro viditelné světlo (vlnová délka ve stovkách nanometrů) je tedy „dostatečně velká“ už maličká čočka mikroskopu. Pro zvuk (vlnová délka v řádech desítek centimetrů až několika metrů) mohla mít Voglerova parabolická konstrukce a zejména odrazný element v ohnisku příliš malé rozměry.

Posledním Voglerovým skutkem v Praze byla zamýšlená přestavba velkých varhan Thomase Jakoba Schwarze v chrámu sv. Mikuláše na Malé Straně na základě jeho tzv. simplifikačního systému. Podle něj bylo možné výrazně snížit počet píšťal v nástroji a chybějící nahradit kombinacemi tóny ostatních, což bylo výhodné jak kvůli zátěži mechanismu nástroje, tak také z finančního hlediska. Jitka Ludvová ve své studii zmiňuje jen vcelku pochvalnou Dlabačovu zmínku o úspěchu prvního veřejného předvedení přestavěných varhan. Pozdější události popsané historikem pražských varhan Vladimírem Němcem ovšem odhalují značné problémy: „Schwarzovy varhany však [...] vlastně zanikly. [...] Přes úspěch výsledek poučil některé znalce o tom, že zjednodušující systém Voglerův potlačuje sice vše zbytečné, co zatěžuje mechanismus ve starších velkých varhanách, že však zachází příliš daleko a že krásný velký stroj spíše znešvažuje, než zlepšuje.“⁸ Němec dále popisuje až hořce úsměvnou nemožnost dohledání všech původních píšťal (chyběly jich řádově stovky) a nutnost nákladné opravy.

⁶ Tamtéž, s. 106.

⁷ Tamtéž.

⁸ Němec, Vladimír. *Pražské varhany*. Praha: František Novák, 1944, s. 162–163.

Jakub Jan Ryba

Známý rožmitálský kantor samozřejmě nemůže být považován za akustika v pravém slova smyslu, nicméně první kniha jeho *Počátečních a všeobecných základů ke všemu umění hudebnému* (dále zkráceně *Základové*) obsahuje vlastně první pasáž hovořící o hudbě z akustického hlediska v českém jazyce⁹ a didaktický výklad pojmů, které k hudební akustice neodmyslitelně patří („Muzika /hudba/ pozůstává ze zvuku; pročez i také zde tolik o zvuku pojednám, jak potřeba káže, coby každý začátečník v hudbě nevyhnutelně zvěděti měl...“¹⁰).

Hned v prvním paragrafu první kapitoly poprvé v našem jazyce jasně odlišuje hudební zvuk od libovolného jiného sluchového vjemu: „Řádně rozměřený zvuk z ohledu své hloubky a výsosti slove ton.“¹¹

Předestírá svému čtenáři představu prostředí kolem nás jako moře, které může být rozbouráno, s pedagogickou pečlivostí popisuje podmínky nutné ke vzniku zvuku. De facto popisuje nutné vlastnosti prostředí a zdroje, přičemž ukazuje, že odejmutím jednoho z těchto prvků se mechanismus přenosu zvuku zcela zničí.

„K vyvedení zvuku musí povětří v pohybování býti přivedeno. Takové pohybování slove třesení, drkocení, vibrací [...], a pozůstává v tom, že nejmenší povětrné částky brzy se v hromadu sráží, a zase hned roztahují. K tomu je potřebí, aby i tělo, jenž má povětří do třesavého pohybování přivesti, bylo schopné drkocení. Zvuk tedy povstává:

a) když se dvě pevná těla v hromadu sráží, z nichž je jedno schopné k vibrací.

Skušenosť toho můžeme míti u p. na každé strůně, kterouž vidíme se drkoceti, jaklíbitně ji buď smyčcem, neb prstem udeříme. Takové drkocení vráží do povětří, kteréž rovně tímto strůním třesením k třesení přivedeno bývá, a tak všecky povětrné částky se pohybujíce, v uchu zvuk působí.

b) když dvě tekutá těla na sebe doráží.

Skušenosť toho máme na větrích proti sobě vějících, čehož pískot a syčení povstává. Sem přináležejí všichni větrní a foukací hudební nástrojové (inštrumenty), v nichžto pozůstávající povětří povětřím, jehož dovnitř skrze otevřený vršek pouštíme, do třesení přichází, a pak z toho zvuk povstává, u p. jako ve varhanách, troubách a t. d. Rovně se tak děje s lidským a ostatních živočichů hlasem, totižto skrze povětří, což do průchodů chřtánu hnáno bývá.

c) když povětří, jsouc od jiného těla násilně ztlačeno, zase bystře se roztahuje.

⁹ Dva starší autoři původních českých textů, česko-bratrský biskup Jan Blahoslav (1558) a krátce po něm Jan Josquin, se drželi v praktičtější rovině a po původu hudby se příliš neptali, což samozřejmě souvisí i s uplatňovanou praxí nezpochybnitelné úcty k autoritám – věci zkrátka jsou, jak být mají.

¹⁰ Ryba, J. J., *Počáteční a všeobecný základové ke všemu Vměň hudebnému*, s. 1.

¹¹ *Tamtéž*.

Toho skoušíme, když se bičem do povětří práská, též když se sklenice roztluče. Takoví zvukové však k muzice nepřináleží.¹²

V zásadě Ryba popisuje vyzařování zvuku z vibrujících těles (a), zvuk generovaný vzdušnými víry (b), ke kterému přiřazuje i dechové nástroje tvořící zvuk přerušováním toku vzduchu a konečně zvukové vjemy rázových vln (c).

Popis změn výšky tónu při prodlužování nebo zkracování struny je samozřejmý. Ryba však svým čtenářům předkládá i další z významných faktorů ovlivňujících kvalitu tónu, totiž elasticitu kmitajícího prvku.¹³

Ryba udává celkem tři různé údaje pro rychlost zvuku: 1473, 1183 a 1142 střeveců za sekundu (střevec odpovídá zhruba 310 mm, údaje jsou tedy poněkud nadhodnoceny). Aniž by přímo citoval, uvádí, že přírodovědci (orig. *skoumatelé přirození*) mají dva názory na způsob šíření zvuku: „Někteří míní, že se zvuk v povětří nejináč rozšiřuje, nežli jako když kámen do vody hodíme, kdežto od prvního místa, kam byl hozen, vždy větší a větší kola se dělají, až pak k posledu taková kolování tak se rozšíří, že jich ani znamenati nelze. Jiní smejslí, že zvuk rovně tak v rovné linii se pronáší, jako paprsek světla.“¹⁴ Je zřejmé, že oba přístupy nejsou v rozporu. Vzhledem k tomu, že podstata vlnového pohybu už byla v dobové literatuře velmi dobře objasněna, jde spíše o Rybovo nepochopení zdrojů.

V předposledním paragrafu citované kapitoly je popsán odraz zvuku. Nachází se zde terminologická zajímavost: Ryba pod názvem *odrážka* rozumí odražený zvuk.¹⁵ Notový znak odnímající posuvky nazývá *naturál* nebo českým novotvarem *uvaditel* (původ: znak uvádí notu ke svému původnímu znění).¹⁶

Mimo citovanou úvodní kapitolu *Základů* se Ryba dotkne ještě dalšího zajímavého akustického tématu, a to rezonance buzené soustavy:

„Historie biblická vypravuje, že se na zvuk trub zdi města Jericha zbořily. [...*dále text z poznámky pod čarou*] Páter Mersenn příčinu takového zboření hledá v Sympathii (v tajné společnosti), kterou tonové mezi sebou, a s ostatními těly mají. Toní sympathie pozůstává v tom, že znějící struna jinou strunu, pakli v oktávě neb kvintě s ní je, nejen do třesení, nýbrž i do spoluznění přivádí. Vynalez přirozený ton nějaké sklenice, a pak v tomto toně křič, nebo trub ustavičně do ní, spatříš, že se taková sklenice rozpadne.“^{17, 18}

¹² Ryba, J. J., *Počátečnj a wsseobecnj základowé ke wssemu Vměnj hudebnému*, s. 2.

¹³ Skutečně užívá přímo tohoto latinského slova. Viz Ryba, J. J., *Počátečnj a wsseobecnj základowé ke wssemu Vměnj hudebnému*, s. 3.

¹⁴ *Tamtěž*, s. 4.

¹⁵ *Tamtěž*.

¹⁶ *Tamtěž*, s. 29.

¹⁷ *Tamtěž*, s. 14.

¹⁸ Přímě slovo *rezonance* Ryba použije také, ale pouze v názvu pro *rezonanční* desku harfy („*půda pro resonanci*“ od něm. *Resonanzboden*). *Tamtěž*, s. 73.

Zde je vidět Rybův osvícenský přístup. Vychází sice z *Písmá*, což ostatně ve své knize činí často, ale komentuje ho na přírodovědném základě.

Text *Počátečních a všeobecných základů ke všemu umění hudebnému* vznikal v posledních letech 18. století, a Ryba tak do něj pražskou publikaci abbé Voglera zahrnout nemohl. Odvolání na ni se nicméně objevuje v jeho další, kratší pedagogické práci, *Kancionálku pro školní mládež*.

Nenápadná přednáška světového významu

Dne 25. května 1842 zazněla v Praze na zasedání Královské společnosti nauk přednáška *O barevném světle dvojhvězd a některých jiných hvězd (Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels)*, kterou proslovil profesor pražské polytechniky, salcburský rodák Christian Doppler (1803–1853), a jejímž tématem byl známý jev podle něj pojmenovaný. Ten se týká libovolného vlnového vyzařování – jak posunu světelného spektra hvězdy, tak i výšky tónu. Přednáška a její následná publikace se dobově paradoxně velkému zájmu netěšily, Dopplerovu hypotézu potvrdila až další měření v průběhu druhé poloviny 19. století.¹⁹ V oboru akustiky šlo zejména o ryze praktický problém nízkého výskytu dostatečně rychlého relativního pohybu zdroje zvuku a vnímatele. První pokusy byly prováděny s pišťalami lokomotiv na tehdy se teprve rozvíjející železnici a vzhledem k nemožnosti přímo zaznamenat a analyzovat proměnlivý zvuk museli údajně být angažováni hudebníci s absolutním sluchem.²⁰

Mach a Studnička

Teorie Hermanna Helmholtze si významněji našly cestu do naší kotliny poprvé v publikaci *Einleitung in die Helmholtz'sche Musiktheorie: Populär für Musiker dargestellt*, která byla vydána roku 1866 ve Štýrském Hradci a jejímž autorem je významný fyzik německo-českého původu Ernst Mach. Jeho text přeložil do češtiny (*Úvod do fyzikální teorie hudby Helmholtzem zbudované*) matematik František Studnička roku 1870. Význam této práce je ovšem v podstatě pouze terminologický.²¹

Sám Mach byl pro akustiku významný jednak jako zastánce Dopplerova jevu a kromě toho jakožto objevitel akustických rázových vln (Machův kužel, Machovo číslo). Tento jev, zpočátku pozorovaný nepřilíš mírumilovně zejména na prásknutích letících projektilů, se dnes v moderní akustice hlásí o slovo například jako jedno z možných vysvětlení břeského zvuku žesťových nástrojů.

¹⁹ Viz Štoll, Ivan. *Dějiny fyziky*. Praha: Prometheus, 2009, s. 328–330.

²⁰ *Tamtéž*, s. 394.

²¹ Ludvová, Jitka. *Česká hudební teorie novější doby 1850–1900*. Praha: Academia, 1989, s. 29.

Durdík, Hostinský, Stecker

Ještě před Otakarem Hostinským (viz níže) se hudební akustikou jako základem hudební estetiky zabýval Josef Durdík (1837–1902), zakladatelská osobnost české hudební estetiky a filozofie. V časopise *Dalibor* – místě uveřejňování kratších, často spíše populárních a převzatých studií, kterými nicméně disciplíny hudební vědy přecházely společnosti „do krve“ – publikoval roku 1873 práci *Rychlost a jakost zvuku*. Nezapře v ní své původní matematicko-fyzikální vzdělání i zkušenosti s výukou. Výklad vede velmi přístupně a didakticky, mezi řádky lze nicméně vyčíst jeho značnou erudici. Je si například vědom smyslu a významu Laplaceovy korekce (adiabatické přiblížení) vztahu pro rychlost zvuku, který původně udal Newton (izotermické přiblížení); skutečnosti, že výška tónu ani pohyb vzduchu jako celku (vítr) na rychlost zvuku významný vliv nemají; zná éterovou teorii šíření světla – z vlastností šíření vln v éteru se dostane k optickému významu barvy a per analogiam k významu akustickému.²² Vysvětluje základní vztahy mezi objektivním a subjektivním popisem zvuku, samozřejmě cituje Helmholtze a vlastně poprvé v češtině vede linku od jeho fyziologické akustiky k hudební estetice. Z hlediska metodiky je důležité zejména jeho vyjádření: „Nauka o zvuku či akustika co věda neosobuje si pražádnou diktaturu nad uměním hudebním. Hranice obou jsou zcela jasně vymezeny.“²³ Akustiky se Durdík dotkne i ve své *Všeobecné estetice*.²⁴

Hostinského *Nauka o hudebních zněních* z roku 1879 je poněkud na okraji zájmu tohoto textu, nicméně alespoň zmínku si zaslouží. Uvedený název je překlad z německého originálu (*Die Lehre von den musikalischen Klängen*), který byl pořízen až na začátku šedesátých let 20. století.

Poněkud problematické je už samo slovo *zněna*. Překladatel Emil Hradecký ho použil v souhlasu s dobovým terminologickým pokusem dodat novotvarem chybějící člen třístupňového německého pojmenování slyšitelných úkazů: *Schall* (zvuk v plné obecnosti) – *Klang* (obecně: zvuk cíleně tvořený, speciálně: zvuk sestávající z více sinusových složek) – *Ton* (zvuk o stanovitelné výšce, v užším slova smyslu často přímo ve významu sinusový tón). Odpovídající trojici tedy měly tvořit pojmy *zvuk – zněna – tón*. Pokus se v dalších letech příliš neujal a například Čeněk Strouhal ho kritizuje.²⁵

Jak naznačuje podtitul *Příspěvek k estetickému zdůvodnění nauky o harmonii*, nejsou Hostinského metody v pravém slova smyslu akustické. Z akustiky nicméně vychází a osvědčuje v ní jisté znalosti: je mu jasný význam Fourierových vět o rozkladu periodického signálu na harmonické složky, zná Ohmův psychoakustický zákon,²⁶ rozebírá hodně

²² Durdík, Josef. „Rychlost a jakost zvuku“. *Dalibor*. [Praha: Em. Starý] 1873, roč. 1, č. 48–49, s. 390–391.

²³ *Tamtéž*, s. 398.

²⁴ Viz Ludvová, J., *Česká hudební teorie novější doby 1850–1900*, s. 29.

²⁵ Srov. Strouhal, Čeněk. *Akustika*. Praha: Nákladem Jednoty českých matematiků, 1902, s. 120.

²⁶ Hostinský, Ottokar. *Die Lehre von den musikalischen Klängen: Ein Beitrag zur aestetischen Begründung der Harmonielehre*. Praha: Verlag von H. Dominicus, 1879, s. 8.

z fyziologie sluchu. Kdybychom měli vybrat lapidární sdělení, které mělo v českém prostředí diskusní odezvu (u Steckera, viz dále), pak by to byly například věty podporující přirozené ladění s tím, že „*sluch netemperuje*“.²⁷ Sinusový tón Hostinský opatřuje atributy slovního popisu barvy (měkký, temný, dutý²⁸). Určitým středobodem pojednání je polemika s názory Hermanna von Helmholtze a čelného představitele harmonického dualismu Arthura von Oettingena.

Pouze v podobě nevydaného rukopisu zůstaly *Untersuchungen zur musikalischen Akustik* Karla Steckera. Stecker nicméně k třibení české hudební akustiky (resp. akustického základu estetiky) přispěl jako polemik ve svých *Kritických příspěvcích k některým sporným otázkám vědy hudební*.²⁹

Čeněk Strouhal

Spis o akustice z pera významné zakladatelské osobnosti fyziky na Univerzitě Karlově Čenka Strouhala (1850–1922) představuje vyvrcholení přibližně staletého vývojového stadia české hudební akustiky, které začínalo u Jakuba Jana Ryby. Nejenže je v češtině publikovaná *Akustika* z roku 1903 plně vyzrálá, co do argumentace rigorózně vědecká a s nejnovější literaturou korespondující práce, ale navíc díky zpracování Strouhalovy teorie třecích tónů obsahuje původní výsledky českého autora.

Strouhal svůj spis rozvrhl v podstatě způsobem, který se neliší od běžné osy obecnějších akustických kompendií používané i v současnosti: po úvodu představí čtenáři kmitavý pohyb, od kterého přejde k obecnému popisu mechanického vlnění. Následuje pro nás klíčová pasáž *Základy teorie hudby* a pak další akustická témata *Šíření zvuku, Vznik tónů chvěním příčným a podélným, Úkazy chvění a znění současného*. Celý spis uzavírá kapitola *Fyziologie sluchu*, za jejíhož autora byl přizván fyziolog František Mareš.

Strouhalova *Akustika* není míněna jako spis přímo o hudební akustice (autor ovšem stanoviska hudební a fyzikální ostře neseaparuje – právě naopak!), přesto je hudebních aplikací plná. Jednak, a to zejména, je to výkladovým stylem a záměrem samotného Strouhala: „Jestliž přáním mým, aby knihy bylo užíváno též při vyučování hudbě, kde vedle cvičení praktických se pěstují výklady theoretické o fyzikálních základech hudby.“³⁰ Kromě toho byly časté hudební paralely na samotném počátku 20. století argumentačně vhodné kvůli názornosti a srovnání. Vezměme v úvahu, že zcela základní metoda akustického výzkumu, totiž záznam zvuku a zpětné zkoumání nahrávky (ať už poslechem, nebo některým technologickým rozbořením), nebylo možné. Při přirozené nemožnosti opřít se o neexistující teorii

²⁷ Hostinský, Otakar. „Nauka o hudebních zněních: Příspěvek k estetickému zdůvodnění nauky o harmonii“. In: *Hostinský o hudbě*. [Výbor statí.] Praha: SHV, 1961, s. 176.

²⁸ *Tamtéž*, s. 140.

²⁹ Ludvová, J., *Česká hudební teorie novější doby 1850–1900*, s. 31.

³⁰ Strouhal, Č., *Akustika*, s. V.

signálu jako o obecné srovnávací paradigma představovala hudba se svými zažitými zvyklostmi a dobře pojmenovanými fenomény právě toto „referenční schéma“, kterého je hojně užíváno například v kapitolách o fyzikálním původu tónů.

V kapitole o základech hudební teorie Strouhal především pečlivě buduje pojmy, které se vážou na aspekty tónové výšky podle Fechnerova-Weberova zákona o logaritmické úměře počítka a podnětu³¹ a vyplývající nutnosti zkoumat frekvenční poměry. V otázkách barvy zvuku se odvolává na Helmholtze a opírá se o rozklad zvuku na jednotlivé harmonické složky. Tón (míněn sinusový) je pro Strouhala bezbarvý – barva zvuku je dána povahou tónů, které ho vytvářejí. Drtivá většina nástrojů tedy nevydává tóny (čti: mají bohatší spektrum než pouze první harmonickou složku).³²

Ještě před výkladem o tóninách, ladění apod. zařazuje Strouhal trochu překvapivě kapitolu o sirénách. Dnes v těchto přístrojích vidíme v podstatě výlučně výstražná zařízení, a pokud je siréna instrumentována do orchestru, pak často jako nositel mimohudebního obsahu (například v Šostakovičově druhé symfonii věnované Velké říjnové revoluci). Vyjádření jako: „Překrásně vynikne však dokonalost [souzvuku v přirozeném ladění – pozn. VH] na př. sirenou Dove-Helmholtzovou...“³³ – mohou působit úsměvně, ale je nutné si uvědomit, že siréna je vhodným zdrojem zvuku o dobře definované frekvenci, nezávislým na hráčské technice. Před prosazením elektroakustických tónových generátorů takovou vlastnost měly jen monochordy a ladičky, na kterých ale nelze docílit drženého tónu.³⁴

Strouhal připomíná svým čtenářům vznik pojmenování tónů a jeho vztahy k fyzikálnímu popisu systému, jednočárkované *a* má u něj hodnotu 435 Hz.³⁵ Je příznivcem přirozeného ladění, rovnoměrnou temperaturu má vcelku oprávněně za nutný „postulát hudební techniky“.³⁶ Svou velmi dobrou orientaci v otázkách hudební teorie ukazuje v předposlední podkapitole citované části, ve které se pouští do výkladu o harmonickém dualismu. Ukazuje souměrnost harmonického systému, která vyplývá z intervalových poměrů, a z ní podle Oettingena odvozuje dva rody akordů: tónický (stavěn od základního tónu vzhůru) a fónický (od základního tónu dolů).³⁷ Rozpor s hudební praxí, který v tomto modelu je (například základní tón kvintakordu nemůže být jeho kvinta), nemusí řešit příliš, protože generálbas pochopitelně nevykládá. Naopak, drobný rozpor konstatuje, ale uzná ho

³¹ Fechnerovo jméno přímo uvádí. *Tamtéž*, s. 121.

³² *Tamtéž*, s. 119–120.

³³ *Tamtéž*, s. 146.

³⁴ Pokud bychom hráli na monochord smyčcem, přistupuje aspekt hráčské techniky. Drknutí na strunu monochordu má velmi komplikované zvukové spektrum.

³⁵ Resp. orig. sec⁻¹, jednotka frekvence byla po Heinrichu Hertzovi pojmenována až v roce 1960. *Tamtéž*, s. 164.

³⁶ *Tamtéž*, s. 183.

³⁷ *Tamtéž*, s. 195.

vlastně za přirozenou odlišnost na stavebně tak velmi podobných (protože souměrných) akordech.³⁸ Jako školný fyzik také samozřejmě nikdy nedojde až k neplatnému postulátu existence zrcadlové alikvotní řady, u ortodoxních dualistů oblíbenému.

Z rozsahových důvodů, bohužel, není možné se takto v detailu věnovat i dalším kapitolám Strouhalovy *Akustiky*. Uvedme pouze, že hudební nástroje jsou často připomínány v kapitolách o vzniku tónu v různých kmitajících systémech a nezdá se, že jsou věnovány průběžné odstavce i hudební aplikaci odvozených fyzikálních zákonitostí.

K hudebnímu významu zvuku se Strouhal ještě na delší dobu vrátí v předposlední z kapitol knihy, ve které dochází na jevy vznikající zněním více zvuků současně. Zde se proti klasikům fyziky Youngovi a Lagrangeovi staví za Helmholtzovo vysvětlení vjemu kombinovaných tónů asymetrií procesu zachycení zvuku v uchu³⁹ a popisuje jejich hudební význam. Strouhalovi je jasný nesoulad mezi pojmy konsonance – libozvuk (resp. disonance – nelibozvuk) a také v těchto otázkách zůstává Helmholtzovým následovníkem: mírou konsonance je počet shodných vyšších harmonických (tzv. teorie koincidencí), výskyt rázů mezi harmonickými složkami naopak zvyšuje vjem disonance.⁴⁰

Alespoň v exkurzu se musíme dotknout nejvýznamnějšího Strouhalova skutečně původního objevu, teorie třecích tónů. Třením je zde, terminologicky trochu nešťastně, míněno tření vzduchu o těleso, nikoli tedy například pohyb smyčce nebo metličky. Při určitých rychlostech obtékání se za tělesem začnou periodicky odlučovat víry, a způsobovat tak vznik pravidelných oblastí vyššího a nižšího tlaku vzduchu v prostoru, které vytvoří sluchový vjem.

Strouhal tento mechanismus popsal na rotačním pohybu drátu. Ukázal, že proti všem zkušenostem o kmitání strun frekvence třecího tónu nezávisí na napětí drátu, ale pouze na průměru a rychlosti jeho pohybu.⁴¹ Po mnoha měřeních dospěl k závěru, že tato frekvence závisí na rychlosti obtékání drátu přímo a na průměru nepřímo. Konstanta úměrnosti je vlastností systému a s rychlostí se prakticky nemění. Tato konstanta je dnes nazývána *Strouhalovo číslo* a má mnoho použití v technické praxi i mimo hudební akustiku. Pro hranové aerofony, ve kterých je popsán mechanismus (odlučování vírů za obtékanou hranou a s ním spojený pohyb vzdušného jazýčku) hlavním excitátorem, se udává první odhad Strouhalova čísla zhruba 0,2.

Ve Strouhalově *Akustice* získala česká věda skutečně vespělý spis na téma hudební akustiky, jehož přírodovědné kvality byly zaručeny autorstvím fyzika špičkové úrovně, který navíc prokázal znalost nejen aktuální zahraniční (Helmholtz, Oettingen aj.), ale i české

³⁸ *Tamtéž*, s. 193.

³⁹ *Tamtéž*, s. 391.

⁴⁰ *Tamtéž*, s. 409–413.

⁴¹ Strouhal, Vincenz. „Über eine besondere Art der Tonerrregung“. *Annalen der Physik und Chemie*. [Leipzig: J. A. Barth] 1878, s. 221nn.

hudebněteoretické literatury (Hostinský, Förster aj.). V historických poznámkách se dostávají ke slovu i Tartini a Sorge (kombinační tóny), Mersenne, Guido z Arezza (Strouhal uveřejňuje včetně dobrého českého překladu celý hymnus *Ut queant laxis*), Zarlino a mnozí další. Svým způsobem je skutečně Strouhalova akustika akustikou hudební.

Na svého profesora, jeden akademický rok rovněž rektora a zakládající osobnost fyzikální sekce, vzpomíná Univerzita Karlova každoroční strouhalovskou přednáškou a pojmenováním posluchárny v budově fyzikálního ústavu na pražském Karlově, o jehož vybudování se zasloužil. Právě v posluchárně Čeňka Strouhala absolvoval, jako stovky dalších, základní přednášky z mechaniky autor tohoto textu.

* * *

Sledovali jsme první pokusy významných osobností dějin českého přemýšlení o hudbě vstoupit na pole hudební akustiky, respektive obohatit svoje teoretické úvahy o přesahy do akustiky. Akustika se alespoň v krátkosti objevuje v úvodních partiích vážnějších (ve smyslu nikoli příručkových) pojednání o hudbě, jak jsme to sledovali u Jakuba Jana Ryby, a podobně bychom mohli u dalších autorů. Kapitolkou *Vynalezení romonu přírodou poskytnutého* se otevírá i opětovně nalezený autograf učebnice harmonie Josefa Krejčího z roku 1849.⁴²

S výjimkou Čeňka Strouhala se v žádném z případů nejednalo o zcela původní text. Ani tak ovšem nejsou tyto práce bez významu. Právě z nich a jim podobných se muselo etablovat české vědecké názvosloví i celkový jazykový přístup k předmětu vůbec.

K budoucím výzkumným cílům patří pokračovat ve sledování tohoto vývoje dál směrem do 20. století.

Tato studie vznikla na Akademii múzických umění v Praze v rámci projektu *Zvuková kvalita* podpořeného z prostředků Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace, kterou poskytlo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

⁴² Slovem *romon* je míněna harmonie. Více viz Hruška, Viktor. „Opětovný nález jedné z nejstarších učebnic harmonie v češtině“. *Musicologica Brunensia*. [Brno: FF MU] 2015, vol. 50, iss. 1, s. [195]–203.

Prameny a literatura

- Durdík, Josef. „Rychlost a jakost zvuku“. *Dalibor*. [Praha: Em. Starý] 1873, roč. 1, č. 48–49.
- Hostinský, Otakar. „Nauka o hudebních zněních: Příspěvek k estetickému zdůvodnění nauky o harmonii“. In: *Hostinský o hudbě*. [Výbor statí.] Praha: SHV, 1961, s. 125–255.
- Hostinský, Ottokar [Otakar]. *Die Lehre von den musikalischen Klängen: Ein Beitrag zur aestetischen Begründung der Harmonielehre*. Praha: Verlag von H. Dominicus, 1879.
- Hruška, Viktor. „Opětovný nálezn jedné z nejstarších učebnic harmonie v češtině“. *Musicologica Brunensia*. [Brno: FF MU] 2015, vol. 50, iss. 1, s. [195]–203.
- Ryba, Jakub Jan. *Počátečnj a wsseobecnej základowé ke wssemu Vměnj hudebnému*. W Praze: Karel Wiljlm Enders, 1817.
- Strouhal, Čeněk. *Akustika*. Praha: Nákladem Jednoty českých matematiků, 1902.
- Strouhal, Vincenz [Čeněk]. „Über eine besondere Art der Tonerrregung“. *Annalen der Physik und Chemie*. [Leipzig: J. A. Barth] 1878, s. 216–251.
- Ludvová, Jitka. „Abbé Vogler a Praha“. *Hudební věda*. 1982, roč. 19, č. 1, s. 99–121.
- Ludvová, Jitka. *Česká hudební teorie 1750–1850*. Praha: ČSAV, 1985.
- Ludvová, Jitka. *Česká hudební teorie novější doby 1850–1900*. Praha: Academia, 1989.
- Němec, Vladimír. *Pražské varhany*. Praha: František Novák, 1944.
- Štoll, Ivan. *Dějiny fyziky*. Praha: Prometheus, 2009.

Viktor Hruška (1988), absolvent oboru hudební teorie na HAMU a Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Působí jako interní doktorand na katedře teorie a dějin hudby a jako vědecký pracovník ve Výzkumném centru hudební akustiky HAMU. Dlouhodobě se zabývá dějinami české hudební teorie a fyzikou hudebních nástrojů.