



# ONDERZOEKSVERSLAG MUZIEKGENERATOR

---

Linus van Elswijk  
Joost Timmerman

Mehdi Aqadjani Memar  
Frank van der Graaff

Radboud Universiteit

21 Augustus 2009

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Probleemstelling</b>	<b>2</b>
2.1	Onderzoeksvraag . . . . .	2
2.2	Verantwoording . . . . .	4
2.3	Hypothese . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Theoretisch kader</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Methode</b>	<b>5</b>
4.1	Operationalisering Onderzoeksvraag . . . . .	5
4.2	Deelvragen . . . . .	5
4.3	Verantwoording Methode . . . . .	5
4.4	Applicatie . . . . .	6
4.5	Enquête . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Resultaten</b>	<b>7</b>
5.1	Deelvraag 1: Geschikte geluidsbibliotheek . . . . .	7
5.2	Deelvraag 2: Van eigenschappen tot invoer geluidsbibliotheek . . . . .	8
5.3	Deelvraag 3: Enquête resultaat . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Discussie</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>conclusie</b>	<b>13</b>
	<b>Referenties</b>	<b>15</b>

# 1 Inleiding

Het gebruik van muziek is de laatste jaren snel toegenomen. Een reclamespot met bijpassende muziek heeft meer succes, in bijna alle grote winkels en warenhuizen is tegenwoordig muziek te horen (om klanten te amuseren of hun koopgedrag te beïnvloeden), effecten in films worden door muziek geaccentueerd etc. Dit heeft allemaal direct of indirect te maken met het feit dat muziek invloed heeft op gevoelens van de mens.

De populariteit en het veelzijdig gebruik van muziek is de wetenschappers niet ontgaan. De nieuwsgierigheid van wetenschappers voor dit verschijnsel leidde tot talloze onderzoeken en studies.

## 2 Probleemstelling

In de academische wereld zijn er veel onderzoeken gedaan naar het effect van muziek op de mens. Dit effect kan uit verschillende perspectieven worden gezien; één van die invalshoeken is het effect van muziek op emoties en gevoelens.

In de pilotfase hebben we uit de onderzoeken “De invloed van muziek in winkels op het koopgedrag van de consument”[1], “Musical Expression of Emotions: Modeling Composed and Preformed Features”[2] en het boek “Musical excellence: strategies and techniques to enhance performance”[4] informatie gehaald, over hoe emoties zijn aan te sturen met behulp van muzikale eigenschappen. De onderzoeken en het boek gebruikte niet allen dezelfde emoties en dezelfde muzikale eigenschappen om de emoties op te wekken. In ons pilot onderzoek hebben we de informatie uit de verschillende onderzoeken proberen samen te voegen. Zie tabel reftab:pilotEmoties.

### 2.1 Onderzoeksvraag

In dit vervolgonderzoek willen we verifiëren of de eigenschappen van de in de pilot-fase gevonden tabel voldoende zijn om de bijhorende emoties in de muziekstukken te brengen. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

**Onderzoeksvraag:** "Zijn de eigenschappen uit de in de pilot-fase gevonden tabellen (tabel 1 en tabel 2) voldoende om de emoties in muziekstukken te brengen?"

Om deze vraag te beantwoorden zullen we een aantal muziekstukken moeten hebben, waarin de eigenschappen uit de tabellen (zie tabel 1 en tabel 2) verwerkt zijn. Deze kunnen we dan vervolgens aan proefpersonen voorleggen met de vraag of ze een bepaalde emotie erin herkennen. Op basis van de score van de enquête kunnen we de onderzoeksvraag vervolgens beantwoorden.

<b>Emotie</b>	<b>Veel</b>	<b>Gemiddeld</b>	<b>Weinig</b>
<b>Woede</b>	Tempo, volume, timbre, attack, vibrato extent	Articulatie, vibrato rate	
<b>Tevredenheid</b>	Articulatie	Volume, timbre	Tempo, attack, vibrato extent en rate
<b>Nieuwsgierigheid</b>	Vibrato extend	Tempo, volume, timbre, vibrato rate	Articulatie, attack
<b>Verachting</b>	Volume, attack, vibrato rate	Tempo, timbre, vibrato extend	Articulatie
<b>Angst</b>	Attack, vibrato rate	Tempo, vibrato extend	Volume, articulatie, Timbre
<b>Geluk</b>	Tempo, volume, attack, vibrato rate	Timbre	Articulatie, vibrato extend
<b>Jaloezie</b>	Tempo, volume, timbre, vibrato extend	Articulatie, attack	Vibrato rate
<b>Liefde</b>	Articulatie	Volume, timbre, vibrato extend	Tempo, attack, vibrato rate
<b>Trots</b>	Volume, Timbre, attack, vibrato rate	Tempo, Articulatie, vibrato extend	
<b>Treurigheid</b>	Articulatie		Tempo, volume, timbre, attack, vibrato extend en rate
<b>Schaamte</b>	Vibrato rate	Attack, vibrato extend	Tempo, volume, articulatie, timbre
<b>Tederheid</b>	Articulatie	Vibrato rate	Tempo, volume, timbre, attack, vibrato extend

Tabel 1: De relaties tussen emoties en door welke eigenschappen deze versterkt worden (1).

<b>Emotie</b>	<b>Eigenschappen</b>
<b>Woede</b>	Vlug tempo, Mineur, Atonaal
<b>Verachting</b>	Mineur
<b>Nieuwsgierigheid</b>	
<b>Verachting</b>	Traag tempo, Mineur
<b>Angst</b>	Vlug tempo, Mineur
<b>Geluk</b>	Vlug tempo, Majeur, Tonaal
<b>Jaloezie</b>	Mineur
<b>Liefde</b>	Majeur
<b>Trots</b>	Majeur
<b>Treurigheid</b>	Traag tempo, Mineur
<b>Schaamte</b>	Mineur
<b>Tederheid</b>	Traag tempo, Majeur

Tabel 2: De relaties tussen emoties en door welke eigenschappen deze versterkt worden (2).

## 2.2 Verantwoording

Een geautomatiseerde muziekgenerator kan veelzijdig ingezet worden. Het gebruik ervan kan variëren van het verhogen van arbeidsprestatie in een productiebedrijf tot het genezen van bepaalde geestelijke ziekten en het manipuleren van het koopgedrag van klanten in een winkel. In alle situaties staan de mens en emoties centraal.

## 2.3 Hypothese

De emoties kunnen worden opgewekt door de computer gemaakte muziek. De door de computer gemaakte muziek doelt op de muziek die door de door ons gebouwde applicatie wordt gegenereerd.

Wij verwachten dat sommige emoties makkelijker te herkennen zijn dan andere. Sommige emoties, zoals jaloezie, lijken ons niet echt makkelijk om te koppelen aan een stuk muziek, terwijl dat bij andere emoties, zoals geluk en woede, juist gemakkelijk is. Wij vermoeden dat we de emoties in twee categorieën in kunnen delen. Een categorie van “complexe emoties” zoals ‘jaloezie’, ‘schaamte’, ‘nieuwsgierigheid’, ‘verachting’, en ‘tederheid’. De andere categorie, “niet-complexe emotie”, bestaat uit ‘angst’, ‘geluk’, ‘woede’, ‘liefde’, ‘trots’, ‘tevredenheid’ en ‘treurigheid’. We verwachten dat de emoties die we in de eerste categorie hebben ingedeeld minder vaak goed herkend worden dan de emoties uit de tweede categorie.

Verder vermoeden we dat tussen sommige emoties geen duidelijk grens is, bijvoorbeeld ‘liefde’ en ‘treurigheid’ of ‘geluk’ en ‘trots’. Bij sommige emoties kan geen duidelijke grens bepaald worden. Deze emoties zullen vaak waarschijnlijk vaak met elkaar verward worden.

Bovendien vermoeden wij dat de “ja/nee-vragen” beter dan “multiple choice vragen” beantwoord zullen worden.

Toch denken wij dat over het algemeen de emoties wel goed herkend zullen worden.

## 3 Theoretisch kader

Voor het onderzoek is de kennis over programmeertalen en muziek noodzakelijk. Aangezien de muziek door een applicatie gemaakt wordt moet er voldoende kennis beschikbaar zijn over programmeertalen en beschikbare bibliotheken die deze mogelijkheid aanbieden.

Daarnaast is ook van belang om voldoende kennis te hebben over muziekeigenschappen. Voor een juiste vertaling van emoties naar muziek moet men beschikken over muziekkennis. Deze kennis wordt gebruikt bij het invoer van de applicatie die muziek genereert. Dit invoer bestaat uit muziekeigenschappen zoals “tempo”, “melodie” etc.

## 4 Methode

### 4.1 Operationalisering Onderzoeksvraag

**Hoe bepalen we of een emotie aanwezig is in een muziekstuk?** Een emotie is volgens ons aanwezig in een stuk muziek als mensen kunnen aangeven dat ze de emotie in het muziekstuk kunnen herkennen.

**Hoe bepalen we of mensen de emotie in een muziekstuk herkennen?** We leggen proefpersonen een enquête voor waarin ze een aantal muziekstukken horen, waarin de eigenschappen van een bepaalde emotie zijn verwerkt en vragen ze (per muziekstuk) welke emotie zij denken te horen. Als de proefpersonen significant vaker de juiste emotie kiezen, dan bij puur gokken het geval zou zijn, dan concluderen we dat de emoties aanwezig zijn (gemiddeld gesproken over alle voorgelegde muziekstukken).

**Wanneer kiezen de proefpersonen significant vaker de juiste emotie?** Als de kans op een gelijkwaardig of beter resultaat, met dezelfde enquête en hetzelfde aantal proefpersonen, kleiner is dan een door ons gekozen grenswaarde. Hoe groot deze grenswaarde is, hangt af van het aantal vragen dat we in totaal aan alle proefpersonen stellen. (Hoe meer vragen we stellen, hoe kleiner de grenswaarde moet zijn.)

### 4.2 Deelvragen

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag houden we een enquête, waarbij we proefpersonen vragen welke emotie ze herkennen in de muziekstukken die ze van ons krijgen te horen, waarin de eigenschappen uit de tabel zijn verwerkt. Om de muziekstukken te krijgen die nodig zijn voor de enquête schrijven we een computer-programma die deze voor ons zal genereren. Met dit in ons achterhoofd kunnen we het onderzoek opsplitsen in de volgende deelvragen:

1. Welke geluidsbibliotheek is voor ons het meest geschikt om de muziek-generator te bouwen?
2. Hoe kunnen we de eigenschappen uit de tabel omzetten tot invoer voor de gekozen geluidsbibliotheek?
3. Hoe goed kunnen de proefpersonen de emoties herkennen in de door de applicatie gegenereerde muziekstukken?

### 4.3 Verantwoording Methode

De manier van onderzoeken sluit sterk aan bij de manier van onderzoek in het onderzoek “Musical Expression on Emotions: Modeling Composed and Reformed Features”[2].

Bij dit onderzoek lieten wij ook muziekstukken horen aan proefpersonen, met de vraag welke emotie zij hier in herkende. Wat ons onderzoek echter anders maakt is dat wij de muziekstukken genereren met een computerprogramma, terwijl in het onderzoek “Musical Expression on Emotions: Modeling Composed and

Reformed Features”[2] de muziekstukken werden gemaakt door muzikanten en echte instrumenten. Ook waren alle proefpersonen in dat onderzoek getrainde luisteraars, terwijl wij geen eisen stelde op het gebied van muziekervaring bij de proefpersonen.

Een ander verschil is dat wij in ons onderzoek meerdere muziekeigenschappen gebruiken, om de emoties op te roepen, aangezien wij een combinatie van de eigenschappen uit “Musical Expression on Emotions: Modeling Composed and Reformed Features”[2] en “De invloed van muziek in winkels op het koopgedrag van de consument”[1] gebruiken.

#### 4.4 Applicatie

Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren is er door de onderzoekers een applicatie geschreven in de taal “Java”. De applicatie componeert een muziekstuk voor een gewenste emotie. De applicatie zorgt er daarvoor bij dat de akoestische eigenschappen, die bij de gewenste emotie horen, in het muziekstuk worden verwerkt. De applicatie speelt de stukken af via de midibibliotheek JFugue<sup>1</sup>.

Het componeren van de muziek gaat als volgt:

- De applicatie verzint de lengte van het ritme (het aantal maten: 1, 2 of 3) en plaatst een drieklankig akkoord op een willekeurig aantal noten op willekeurige afstanden van elkaar, totdat het aantal maten van een ritme bereikt is. Er wordt één akkoord per maat gespeeld. Dit ritme/deze begeleiding wordt het hele muziekstuk herhaalt.
- De melodie is een continuë stroom van noten (één klank). Deze noten zitten wederom op willekeurige afstanden van elkaar (niet perse hetzelfde als bij het ritme). De toonhoogte varieert willekeurig, maar slechts een bepaalde marge van de grondtoon van het muziekstuk. De muziek-eigenschap timbre zal de gemiddelde toon-hoogte van het stuk beïnvloeden. Dit wordt nader toegelicht in de discussie en het antwoord op de tweede deelvraag in de sectie Resultaten.
- Op alle noten (ritme/begeleiding en melodie) worden de akoestische eigenschappen toegepast die bij de gewenste emotie horen. De applicatie maakt hiervoor verbinding met een SQL database, waarin de eigenschappen voor elke emotie staan beschreven. Door deze combinatie van ritme/begeleiding en melodie wordt op eenvoudige wijze een complex muziekstuk gegenereerd met de akoestische eigenschappen van een emotie.

#### 4.5 Enquête

Via internet is er een enquête afgenomen om het succes van de applicatie te kunnen bepalen. De gebouwde applicatie is hiervoor omgebouwd tot een java-applet die slechts één knop weergeeft. Het drukken op deze knop zorgt ervoor dat het muziekstuk dat bij de vraag hoort zal worden afgespeeld.

De proefpersonen kregen twaalf muziekstukken te horen. Zesmaal werd hun een emotie gegeven en gevraagd of ze deze emotie terug konden horen in het

<sup>1</sup><http://www.jfugue.org/>

muziekstuk. Bij de helft van deze vragen (3) kwam de gegeven emotie overeen met de emotie die afgespeeld werd, bij de andere drie werd er expres een andere emotie getoont dan afgespeeld.

De andere zes vragen waren multiple choice. De proefpersoon kreeg een muziekstuk te horen en moest aangeven welk van de twaalf emoties hij erin hoorde.

In de enquête werden bovendien een aantal persoonlijke gegevens van de proefpersoon opgenomen, namelijk 'leeftijd', 'geslacht', het 'aantal uren dat de proefpersoon gemiddeld per dag naar muziek luistert' en 'of de proefpersoon muziek kan maken'. Deze gegevens kunnen later gebruikt worden bij het analyseren van het resultaat van de enquête.

De bij de enquête ingevulde antwoorden werden allemaal opgeslagen in een SQL database. Door het opstellen van de juiste SQL-queries konden we dan na voldoende respons makkelijk het resultaat analyseren.

Van de internet enquête is in een later stadium ook een papieren versie gemaakt. De internet enquête en de papieren bevatten allebei dezelfde vragen. De resultaten van de papieren versie van de enquête zijn ook in de database verwerkt.

## 5 Resultaten

### 5.1 Deelvraag 1: Welke geluidsbibliotheek is voor ons geschikt om de muziek-generator mee te bouwen?

Omdat we allemaal de meeste ervaring hadden met de programmeertaal Java, hebben we besloten om voor een Java geluidsbibliotheek te kiezen. De keuze viel al snel op de JFugue bibliotheek. Deze bibliotheek bevat namelijk al kant en klaar:

- afspeelbare muziekstuk-objecten, waarbij het tempo kon worden ingesteld,
- de mogelijkheid om meerdere noten tegelijk af te laten spelen,
- objecten om een muziekstuk mee op te bouwen, zoals noten,
- methoden om het volume van noten in te stellen,
- methoden om de toonhoogte van noten in te stellen,
- methoden om de Attack, Decay, Sustain en Release van noten in te stellen en
- methoden om een instrument toe te kennen aan een serie noten.

Dit betekende dat we bijna alle muzikale eigenschappen, met slechts een paar methoden in onze muziekstukken konden verwerken.

Verder was de bibliotheek ook zeer goed gedocumenteerd[3], wat het gebruik ervan vergemakkelijkt.



## 5.2 Deelvraag 2: Hoe kunnen we de gevonden muzikale eigenschappen omzetten tot de invoer voor de geluidsbibliotheek?

**Articulatie:** dit konden we inbouwen door de sustain en release van elke noot te laten afhangen van de benodigde mate van articulatie. De sustain van elke noot/toon geeft aan tot welk niveau het volume terug valt na de attack en decay. De release geeft aan hoe lang het duurt voordat het de noot/toon na blijft klinken, nadat deze gespeeld is (na de sustain).

Attack	Sustain		Release	
	Random % van maximale sustain-waarde tussen		Random % van maximale release-waarde tussen	
	Min. Sustain	Max. Sustain	Min. Release	Max. Release
Hoog	0%	20%	40%	50%
Gemiddeld	20%	30%	60%	70%
Laag	30%	40%	80%	90%

**Attack:** De JFugue bibliotheek gaf de mogelijkheid om voor elke noot in een muziekstuk de attack en decay te zetten. De attack van een toon is de tijd dat het duurt voor een toon om op het maximale volume te komen. De decay is de tijd dat het duurt voor een toon om van het maximale volume, op het sustain volume te komen. De decay bepaald dus mede hoe duidelijk de attack naar voren komt, daarom hebben we zowel de attack als decay van elke noot af laten hangen van deze eigenschap

Attack	Attack		Decay	
	Random % van maximale attack-waarde tussen		Random % van maximale decay-waarde tussen	
	Min. Attack	Max. Attack	Min. Decay	Max. Decay
Hoog	60%	80%	40%	50%
Gemiddeld	50%	70%	20%	30%
Laag	40%	60%	3%	10%

**Modus:** Als de modus majeur is zullen de tonen/noten in de melodie uit majeur toonladders worden gekozen en worden er majeur-akkoorden gekozen voor de begeleiding. Als de modus mineur is zullen de tonen/noten in de melodie uit mineur toonladders worden gekozen en worden mineur-akkoorden gekozen voor de begeleiding.

**Tempo:** de JFugue bibliotheek gaf de mogelijkheid om het tempo van een muziekstuk op een gewenst aantal BPM (Beats Per Minute) te zetten.

Tempo	Random aantal BPM tussen	
	Minimum aantal BPM	Maximum aantal BPM
Hoog	100	120
Gemiddeld	140	190
Laag	270	330

**Timbre:** dit was wel ingebouwd in de bibliotheek, maar omdat we niet konden meten welke instrumenten veel hoge frequenties bevatten, en welke veel lage frequenties, konden we dit niet als zodanig gebruiken. We hebben dit opgelost door de gemiddelde toonhoogte (frequentie) in de melodie hoger te

maken als het timbre hoog moet zijn, en lager te maken als het timbre laag moet zijn.

**Tonaliteit:** De tonaliteit van een muziekstuk wordt bepaald door hoe goed de akkoorden van de opeenvolgende maten op elkaar aansluiten. (Akkoorden die goed op elkaar aansluiten zijn akkoorden die voor de meeste mensen prettig klinken als ze achter elkaar worden gespeeld.) Als de tonaliteit hoog moet zijn, zullen de akkoorden van de opeenvolgende maten zo goed mogelijk op elkaar aansluiten. Als de tonaliteit gemiddeld moet zijn, de opeenvolgende akkoorden minder op elkaar aansluiten als bij een hoge tonaliteit. Als de tonaliteit laag moet zijn, zullen de opeenvolgende akkoorden nog minder op elkaar aansluiten als bij een gemiddelde tonaliteit.

**Vibrato Rate en Extend** Dit werd helaas niet ondersteund door de JFugue bibliotheek. Daarom hebben we deze eigenschappen vervangen door tremolo. De mate waarin tremolo wordt toegevoegd aan alle noten hangt af van zowel de benodigde Vibrato Rate als Vibrato Extend:

Vibrato Rate	Vibrato Extend	Vervangen door % van maximaal mogelijke tremolo
Hoog	Hoog	100%
Hoog	Gemiddeld	75%
Hoog	Laag	50%
Gemiddeld	Hoog	75%
Gemiddeld	Gemiddeld	50%
Gemiddeld	Laag	25%
Laag	Hoog	50%
Laag	Gemiddeld	25%
Laag	Laag	0%

**Volume:** De JFugue bibliotheek bood de mogelijkheid om het volume van het gehele muziekstuk in te stellen.

Volume	Random relatief volume ten opzichte van standaard volume tussen	
	Minimum Volume	Maximum Volume
Hoog	110%	120%
Gemiddeld	90%	100%
Laag	70%	80%

### 5.3 Deelvraag 3: Hoe goed kunnen de proefpersonen de emoties herkennen in de door de applicatie gegenereerde muziekstukken?

Uiteindelijk is de enquête door 89 proefpersonen ingevuld. Van deze resultaten zijn er nog een aantal ongelddig verklaard:

**Alle enquêtes waar één of meer vragen dubbel zijn ingevuld.** Dit is inclusief de controlevraag en de vragen over persoonlijke gegevens.

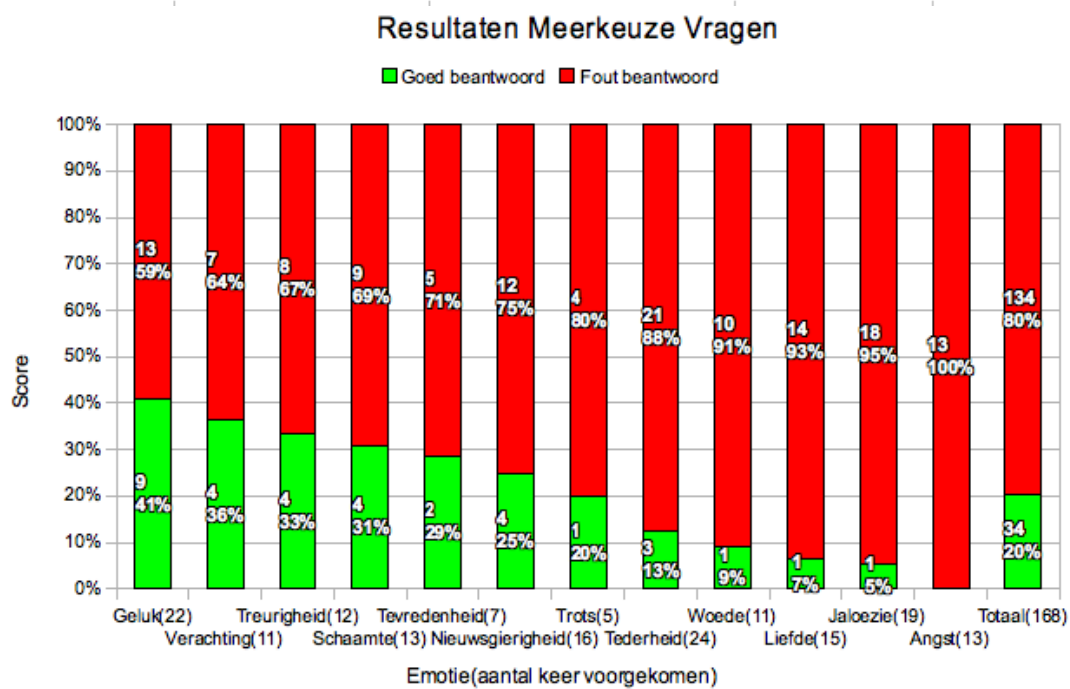
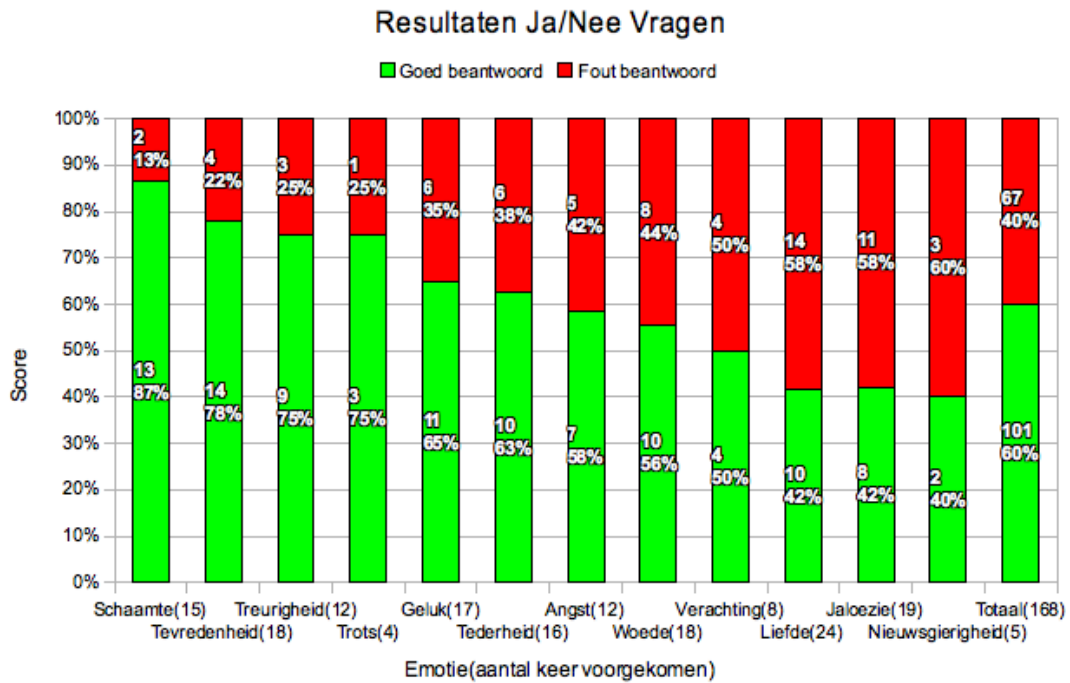
**Alle enquêtes waar één of meer vragen zijn overgeslagen.** Dit is inclusief de controlevraag en de vragen over persoonlijke gegevens.

**Alle enquêtes die voor 9 augustus zijn ingevuld.** Dit is omdat er een fout was ontdekt in de enquête, die vanaf 9 augustus was opgelost.

Van de 89 ingevulde enquêtes konden we er 28 geldig verklaren. Dit betekent dat er 168 ja/nee vragen en 168 meerkeuze vragen geldig zijn verklaard.

De volgende diagrammen bieden een overzicht van het aantal vragen dat goed en fout beantwoord is en het aantal hoeveel vragen dat er in totaal goed en fout beantwoord is, ingedeeld per emotie die de proefpersoon kreeg te horen. Onder de balken staat aangegeven over welke emotie de balk erboven gaat, of “Totaal” als het over alle vragen van het betreffende type gaat. De nummers die er tussen haakjes achter staan geven aan hoe vaak er een vraag is gesteld, terwijl er een muziekstuk met de betreffende emotie werd afgespeeld. Bij “Totaal” geeft het nummer dat er achter staat aan hoeveel vragen er in totaal zijn gesteld van het betreffende type vraag (ja/nee of meerkeuze). De onderste nummers in de groene balken geven aan hoeveel vragen er goed zijn beantwoord van het betreffende type en de betreffende emotie. De bovenste nummers in de groene balken geven het percentage vragen aan dat goed beantwoord is van het betreffende type en de betreffende emotie. Hetzelfde geldt voor de rode balken, alleen gaan de nummers hierbij over het aantal vragen dat fout is beantwoord. [\(Zie diagrammen\)](#)

De helft van het aantal “ja/nee-vragen” heeft naar een onjuiste emotie gevraagd. Dus bij de vraag “U hoort de emotie ...” bevatte de uitgezonden muziek een andere emotie. Van 84 vragen die hieronder vallen zijn er 49 vragen juist beantwoord. Dit doelt op het feit dat de proefpersonen niet op basis van de gesuggereerde emotie hebben beantwoord maar wel op basis van wat ze gehoord hebben.



Figuur 1: Diagram Resultaten Enquête: Meerkeuze en Ja/Nee vragen

## 6 Discussie

Hoewel het percentage van “meerkeuze-vragen” laag is (zie figuur 1) kan het niet een grote invloed hebben op het antwoord op de hoofdvraag. Dit lage percentage is te verklaren door te constateren dat het herkennen van emoties door een muziekstuk een lastig proces is. Wij vermoeden dat het mede te maken heeft met dat er geen duidelijke grenzen tussen verschillende emoties zijn. Soms overlappen emoties elkaar, bijvoorbeeld “tevredenheid” en “geluk”, en dit maakt het proces van het herkennen van een emotie waarschijnlijk moeilijker.

Tijdens het bouwen van de applicatie kwamen de onderzoekers erachter dat het niet mogelijk was om vibrato in te bouwen in de muziekstukken met de methodes die de JFugue bibliotheek te bieden had. Omdat we vrij ver waren met het maken van de muziekgenerator was het geen optie om nog van muziekbibliotheek te veranderen; er was gewoonweg geen tijd meer om de muziekgenerator opnieuw te bouwen. We hebben er daarom voor gekozen om de vibrato te vervangen door een tremolo, aangezien deze eigenschappen vrij dicht bij elkaar liggen: Een vibrato is een trilling in toonhoogte, een tremolo een trilling in het volume van de toon. Het is mogelijk dat dit het resultaat van het onderzoek heeft beïnvloed.

Het lage percentage (20%, zie figuur 1) goed beantwoorde meerkeuze vragen kan gevolg zijn dat de kwaliteit van de muziek die gemaakt is door ons programma niet goed genoeg is geweest.

Tijdens dit onderzoek zijn de onderzoekers verschillende problemen tegen gekomen. Het meest voorkomende probleem was dat er een fout in de code van de programma's zat; in de code van de muziekgenerator, in de code van de site die gebruikt is om de enquêtes af te nemen en in de sql-queries. Deze problemen zorgden ervoor dat we sommige onderdelen van het onderzoek opnieuw moesten uitvoeren en dit was tijdrovend.

Tijdens het afnemen van de enquête kwamen fouten aan het licht die niet makkelijk herstelbaar waren. Eén van de fouten was dat de muziek die de proefpersoon hoorde was niet voor tweede keer af te spelen. Als een proefpersoon het muziekstuk opnieuw wilde afspelen kreeg hij niet dezelfde muziek te horen. Dit kwam omdat de muziekstukken gelijk gecomponeerd en daarna afgespeeld waren. Ze werden niet opgeslagen om de gelegenheid te geven aan de proefpersonen meerdere malen naar muziek te luisteren. Dit was trouwens ook niet vermeld in de enquête. Er is ook een papieren versie van de enquête gemaakt, vanwege de technische problemen met de internet enquête. Bij slechts 4 van de proefpersonen is de papieren versie van de enquête gebruikt. De resultaten van deze enquêtes zijn toegevoegd aan de database, en samen met de resultaten van de internet enquête geanalyseerd.

Opvallend was de reacties die de proefpersonen gegeven hebben na het maken van de enquête. Alle proefpersonen die kennis hebben gehad van muziek hebben beweerd dat de muziek erg mechanisch was. Ze zeiden zelfs te kunnen horen dat de muziek door een machine gemaakt was en daardoor hebben de muziek als een gevoelloos ervaren.

Deze omperkingen beoogen het feit dat het componeren van muziek een scherp gehoor en creatieve geest vergt. Daarnaast moet men ook beschikken over het muzikwetenschap.

## 7 conclusie

De conclusie die we trekken uit het onderzoek hangt af van de resultaten van de enquête. Hierbij kijken we alleen naar de enquête vragen 2 t/m 13.<sup>2</sup> *Als er in de conclusie over 'alle vragen' wordt gesproken gaat dit dus over de enquête vragen 2 t/m 13.*

Als er voldoende vragen goed zijn beantwoord, kunnen we daaruit afleiden dat de muziekgenerator de emoties correct in de muziekstukken heeft kunnen brengen. Daaruit kunnen we weer afleiden of de muziekeigenschappen in de tabel voldoende zijn om de bijhorende emoties in muziekstukken te brengen. Deze laatste stap mogen we zetten omdat we hebben aangetoond dat we de muziekgenerator correct hebben gebouwd op basis van de tabel.

De grens voor het aantal benodigde goede antwoorden laten we afhangen van de kans dat het resultaat is ontstaan doordat vragen toevallig goed zijn ingevuld. Als de kans zeer klein is dat het resultaat met puur gokken in de enquête, gelijkwaardig of beter uitvalt, kunnen we concluderen dat de proefpersonen de emoties konden herkennen in de muziekstukken, en dat de tabel dus voldoet. Exact geformuleerd:

$P :=$  de kans om een gelijkwaardig of beter resultaat te halen met dezelfde enquête en hetzelfde aantal proefpersonen, als alle proefpersonen bij alle vragen zouden gokken.

$G :=$  de maximale kansgrootte voor  $P$ , waarbij we concluderen dat de resultaten niet toevallig/door puur gokken zijn ontstaan.

We hebben 28 geldig ingevulde enquêtes weten binnen te halen. Dat betekent dat we  $28 \cdot 12 = 336$  ingevulde antwoorden hebben om te analyseren. Met deze aantallen lijkt ons een grenswaarde  $G$  van 1 op een miljoen redelijk. Dus:

$$G = 1.00 \cdot 10^{-6}$$

Voor het berekenen van  $P$  geldt:

$P_{j/n} :=$  de kans om een gelijkwaardig of beter resultaat te halen *bij de ja/nee vragen*<sup>3</sup> met dezelfde enquête en hetzelfde aantal proefpersonen, als alle proefpersonen bij alle vragen zouden gokken.

$P_m :=$  de kans om een gelijkwaardig of beter resultaat te halen *bij de meerkeuze vragen*<sup>4</sup> met dezelfde enquête en hetzelfde aantal proefpersonen, als alle proefpersonen bij alle vragen zouden gokken.

$$P = P_{j/n} \cdot P_m$$

Als de proefpersonen alle vragen zouden gokken zouden de ja/nee vragen als losstaande kans-experimenten/kans-experimenten kunnen worden gezien met elk een kans van  $\frac{1}{2}$  om te slagen. De meerkeuze kunnen dan ook worden gezien als een

---

<sup>2</sup>alle vragen behalve de controle vraag, die ook bij de resultaten niet is meegenomen

<sup>3</sup>enquête vragen 2 t/m 7

<sup>4</sup>enquête vragen 8 t/m 13

aantal losstaande kans-experimenten met elk een kans van  $\frac{1}{12}$  om te slagen.  $P_{j/n}$  en  $P_m$  zijn dan makkelijk te berekenen.

We stellen:

$binomcdf(n, p, x) :=$  de kans op *maximaal*  $x$  successen, bij  $n$  kans-experimenten met elk een kans van  $p$  op slagen.

De kans op *minimaal*  $x$  successen is dan te berekenen met  $1 - binomcdf(n, p, x - 1)$ . Verder stellen we:

$binompdf(n, p, x) :=$  de kans op *precies*  $x$  successen, bij  $n$  kans-experimenten met elk een kans van  $p$  op slagen.

Dan geldt:

$$binompdf(n, p, x) = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot (1 - p)^{n-x}$$

$$binomcdf(n, p, x) = \sum_{k=0}^x binompdf(n, p, k)$$

Hiervan uitgaande geldt:

$$P_{j/n} = 1 - binomcdf(n_{j/n}, \frac{1}{2}, (g_{j/n} - 1))$$

$$P_m = 1 - binomcdf(n_m, \frac{1}{12}, (g_m - 1))$$

waarbij

$n_{j/n} :=$  het aantal beantwoorde ja/nee vragen is,

$g_{j/n} :=$  het aantal goed beantwoorde ja/nee vragen is,

$n_m :=$  het aantal beantwoorde meerkeuze vragen is en

$g_m :=$  het aantal goed beantwoorde meerkeuze vragen is.

Met deze definities zijn we in staat om  $P$  te berekenen, door de formule in te vullen met de cijfers uit de resultaten:

$$P = P_{j/n} \cdot P_m$$

$$= (1 - binomcdf(168, \frac{1}{2}, (101 - 1))) \cdot (1 - binomcdf(168, \frac{1}{12}, (34 - 1)))$$

$$= 6.11 \cdot 10^{-9}$$

Hieruit blijkt dat de kans dat het resultaat door toeval zo goed is uitgevallen ongeveer 6 op een miljard is. Dit is kleiner dan de door ons gekozen grenswaarde van 1 op een miljoen. We concluderen daarom dat de muziekgenerator de emotie in de muziek heeft kunnen brengen, en dat akoestische eigenschappen in de tabel dus voldoende zijn om de bijhorende emotie in de muziekstukken te brengen.

Samengevat:

**Onderzoeksvraag:** "Zijn de eigenschappen uit de in de pilot-fase gevonden tabellen (tabel 1 en tabel 2) voldoende om de emoties in de muziekstukken te brengen?"

**Antwoord:** "Ja, de eigenschappen uit de in de pilot-fase gevonden tabellen?? zijn voldoende om de emoties in de muziekstukken te brengen."

## Referenties

- [1] Ann Demarré. De invloed van muziek in winkels op het koopgedrag van de consument. Master's thesis, Universiteit Gent, May 2004.
- [2] Patrik N. Juslin and Erik Lindstrom. Musical expression of emotions: modeling composed and performed features. Technical report, Uppsala University, Sweden, 2003.
- [3] David Koelle. Jfugue 4.0 javadoc. <http://www.jfugue.org/javadoc/index.html>.
- [4] Aaron Williamon. *Musical excellence: strategies and techniques to enhance performance*, page 255. Oxford University Press, 2004.