

# **Hinweise zur Wiedergabe elektroakustischer Kompositionen mit Tuba allgemein, sowie im Speziellen zu Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« (1987)**

Gabriel Bramböck

Stand: August 2023

Dieser Text basiert auf meiner im Juni 2023 erschienenen Diplomarbeit mit dem Titel *Aufführungspraktische Hinweise zu Werken mit Tuba und Elektronik am Beispiel von Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« und Thomas Mahlknechts »5 Atmosphären«* (Instrumentalstudium Tuba an der Universität für Musik und darstellende Kunst Wien). Die Diplomarbeit in der Originalfassung kann unter der folgenden Adresse online abgerufen werden: <https://dacapo.mdw.ac.at/AC16902455/>

Das vorliegende Dokument bildet einige neue Erkenntnisse sowie die aktuelle Version meines Computerprogramms zur Aufführung Nonos Werks ab und ist zusammen mit diesem unter <https://gabrielbramboeck.com/nono/> abrufbar. Damit soll eine einfache und allgemein zugängliche Ressource die Kenntnis und Aufführbarkeit dieses Repertoires verbessern.

Hinweise, Anregungen oder Korrekturen an [mail@gabrielbramboeck.com](mailto:mail@gabrielbramboeck.com) werden dankbar aufgenommen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Unterschiede zwischen Live-Elektronik und Fixed-Media.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Besonderheiten, Vor- und Nachteile der beiden Arten.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Technische Voraussetzungen für Aufführungen.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Spezielle Erfordernisse für Live-Elektronik.....	6
<b>2.3 Bedienung der live-elektronischen Stimme.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Besonderheiten der Aufführung für Interpret:innen.....</b>	<b>7</b>
<b>3 Geschichte und Überblick der Literatur für Solotuba mit Elektronik.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Frühe Werke für Tuba und Zuspielung.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Frühe Werke für Tuba und Live-Elektronik.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Beispiele für jüngere live-elektronische Konzepte.....</b>	<b>10</b>
<b>4 Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« (1987) für F-Tuba und Live-Elektronik.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Kontext und Geschichte des Werkes.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Zur Realisierung der Elektronik.....</b>	<b>15</b>
4.2.1 Zu Programm 1 – Hall und Delays.....	15
4.2.2 Übergänge zwischen Programmen.....	16
4.2.3 Zu Programm 2 – »Phasing« bzw. Flanging, Halaphon.....	17
4.2.4 Zu Programm 3 – Hall.....	19
4.2.5 Zu Programm 4 – Filter und Hall.....	20
4.2.6 »Programm 0« – Live-Verstärkung?.....	20
<b>4.3 Meine Implementation der Elektronik.....</b>	<b>21</b>
4.3.1 Bemerkungen zu den vier Programmen.....	23
4.3.2 Verwaltung der Programme und Parameter.....	24
4.3.3 Zusatzfunktionen.....	25

4.3.4 Technische Details der Umsetzung von Programm 1.....	25
<b>4.4 Zu meiner Aufnahme – Interpretation und Realisierung.....</b>	<b>27</b>
4.4.1 Zur Umsetzung der Spatialisierung.....	27
4.4.2 Interpretatorische Aspekte.....	27
4.4.3 Schlussbemerkung – zum Stellenwert des Zuhörens.....	29
<b>5 Zusammenfassung und Schlusswort.....</b>	<b>30</b>
<b>6 Glossar technischer Fachbegriffe.....</b>	<b>32</b>
<b>7 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>34</b>

# 1 Einleitung

Bei der Aufführung von Kompositionen mit Tuba und Elektronik ist im Wesentlichen die Unterscheidung zwischen fixierten («Fixed-Media») Zuspielungen gegenüber Live-Elektronik (bei welcher der Instrumentalklang in Echtzeit aufgenommen und verarbeitet wird) zu treffen. Ziel des vorliegenden Textes ist es, die jeweiligen Herausforderungen und Möglichkeiten dieser beiden Arten zu erläutern und vergleichen, um interessierten Musiker:innen Hinweise für erfolgreiche Aufführungen zu bieten.

Einen Schwerpunkt bildet dabei die Präsentation eines Computerprogramms, mithilfe dessen eine Aufführung von Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« (einem Kernstück des Repertoires für Tuba und Live-Elektronik) niederschwellig realisiert werden kann. Bei Kompositionen mit Elektronik besteht nämlich die spezielle Problematik, dass aufgrund technischer Entwicklungen bereits nach wenigen Jahren oder Jahrzehnten die benötigten Programme oder Effektgeräte nicht mehr verfügbar oder einsatzfähig sein können. Auch Nonos Komposition (die 1987 im Freiburger Experimentalstudio des SWR produziert wurde) ist davon betroffen, woraufhin im Laufe der Jahre verschiedene Implementationen der Elektronik als Computerprogramme veröffentlicht wurden. Mit meinen im Rahmen des Studiums der Tuba sowie der elektroakustischen Komposition erworbenen Kenntnissen habe ich einige elektronische Aspekte, die in Nonos Partitur unterschiedlich interpretiert werden können, besonders beleuchtet («Phasing«, Frage der Live-Verstärkung, Gestaltung der Übergänge u.a.).

Es ist mein Wunsch, mit dieser Arbeit sowohl die Aufführungskompetenz bezüglich elektronischer Kompositionen zu befördern, als auch einen Einblick in Hintergründe und Funktionsweisen dieser Musik zu geben.

Mein herzlicher Dank gilt Wolfgang Musil und Johannes Kretz (Institut für Komposition der Universität für Musik und darstellende Kunst Wien), die mich in Fragen der Elektronik berieten, sowie Michael Pircher (Professor für Tuba an der Universität für Musik und darstellende Kunst Wien), dem Betreuer meiner Diplomarbeit.

## 2 Unterschiede zwischen Live-Elektronik und Fixed-Media

Während man unter »Fixed-Media« im Bereich der elektronischen Musik Klänge versteht, welche in einer statischen (also in der Zeit fixierten) Form auf analogen oder digitalen Speichermedien vorliegen, bedeutet »Live-Elektronik« die dynamische Verarbeitung eines oder mehrerer eingespielter Mikrophonsignale in Echtzeit: das heißt, dass auf eine live gespielte Musik elektronische Veränderungen angewandt werden können. Die Bandbreite reicht hierbei von einfachen Effekten wie Verhallungen, Echos (Delays), Filtern, etc. über Modulationen wie Flanger, Frequency-Shifter, Harmonizer und Ringmodulatoren bis hin zu komplexen Transformationen wie Granularisierung oder Convolution (Erklärungen der technischen Fachbegriffe finden sich in Abschnitt 6). Es ist auch möglich, musikalische Parameter wie Tonhöhe, Lautstärke, Klangfarbe u.a. in Echtzeit zu analysieren und damit die Elektronik zu steuern (vgl. »Score-Following«). Außerdem kann eine Spatalisierung erfolgen, also eine Verteilung der Klänge im Raum (je nach Lautsprecheraufstellung). Für die Umsetzung einer Live-Elektronik müssen dabei die Live-Klangquellen mikroponiert und in ein entsprechendes Effektgerät (heute meist ein Computerprogramm) geleitet werden, aus dem sie nach der Prozessierung über Lautsprecher wieder ausgespielt werden.

Die ersten Kompositionen mit Fixed-Media-Zuspielung entstanden in den 1950er-Jahren und wurden unter Verwendung von Magnettonband umgesetzt. Stücke mit Live-Elektronik begannen in den 1960ern üblich zu werden und verbreiteten sich umso mehr, je niederschwelliger die dafür nötige Technik verfügbar war.

### 2.1 Besonderheiten, Vor- und Nachteile der beiden Arten

Ein großer Reiz der Live-Elektronik liegt in der möglichen Spontanität und Flexibilität des Spiels, sowie in einer gewissermaßen persönlichen Prägung, welche dadurch entsteht, dass die Elektronik ja auf eine individuelle Interpretation und einen

individuellen Instrumental- oder Vokalklang reagiert, womit jedes Mal ein einzigartiges Zusammenspiel entsteht. Außerdem kann die Gestaltung etwa von Übergängen und anderen besonderen Momenten in der Musik an die jeweiligen Bedürfnisse einer bestimmten Akustik oder eines bestimmten Publikums angepasst werden. Der Preis dafür (unter Umständen aber auch ein Vorteil) ist die geringere Gewissheit über den detailgenauen Verlauf einer Aufführung; das Element des Unberechenbaren.

Die Arbeit mit Fixed-Media kann demgegenüber exaktere Kontrolle über das klangliche Ergebnis in all seinen Details bedeuten; dieses kann in einer vielfach gehörten und geprüften Form präsentiert werden. Die Wiedergabe eines Fixed-Media-Parts muss sich jedoch trotzdem nicht nur auf das bloße Abspielen beschränken: Es ist gängige Praxis, live am Mischpult die Dynamik der einzelnen Kanäle mitzugestalten und das Stück eventuell auch klanglich (etwa mittels Filtern) auf die jeweilige Aufführungssituation (Akustik, Lautsprecher, Zusammenwirken mit Live-Instrumenten, etc.) abzustimmen.

## 2.2 Technische Voraussetzungen für Aufführungen

Für die Umsetzung beider beschriebener Arten wird ein Wiedergabesystem benötigt (Klangquelle in analoger oder digitaler Form, Mischpult, Lautsprecher, dazwischen Verkabelung), außerdem Techniker:innen, welche dieses betreuen.

Eine Mikrophonierung, um das Gespielte aufzunehmen, könnte als allein live-elektronische Stücke betreffendes Zusatzerfordernis gesehen werden, allerdings ist häufig auch bei Werken mit Fixed-Media eine Verstärkung des live gespielten Klanges empfehlenswert, damit sich dieser besser mit der Zuspelung mischt. Dabei sollten immer (in Absprache mit den zuständigen Tontechniker:innen) sogenannte dynamische Mikrophone verwendet werden (die allermeisten für Gesang oder Moderationen gebrauchten Geräte sind etwa von diesem Typ), und keine Kondensator-Mikrophone (diese werden meist bei CD-Aufnahmen benutzt), da dynamische Mikrophone darauf ausgelegt sind, sich bei einer Live-Verstärkung sehr feedbackresistent zu verhalten (und dabei trotzdem relativ gute Klangqualität lie-

fern), während es mit Kondensator-Mikrofonen sehr schwierig und heikel ist, keine Feedbacks (das berühmte »Pfeifen«) zu erzeugen.

### 2.2.1 Spezielle Erfordernisse für Live-Elektronik

Eine im Besonderen die Live-Elektronik betreffende Voraussetzung ist ein dafür geeigneter Computer. Denn während das Abspielen von Fixed-Media-Parts oft über das hauseigene Wiedergabesystem eines Konzertortes geschehen kann, sollte die Ausführung von (heute für Live-Elektronik meist verwendeten) Computerprogrammen über ein eigenes Gerät erfolgen, um Verlässlichkeit und auch Probbarkeit gewährleisten zu können. Dabei sollte ein Laptop zum Einsatz kommen, welcher für Realtime-Audio optimiert ist und auf dem sämtliche für die Ausführung nicht notwendigen Prozesse gestoppt und Automatismen wie Updates, Bildschirmschoner (!), Benachrichtigungen und Signaltöne pausiert sind. Auch Funkantennen wie Bluetooth und WLAN sollten deaktiviert werden, um eine möglichst reibungslose Prozessierung zu gewährleisten. Die »MacBooks« der Marke »Apple« haben sich aufgrund guter Realtime-Eigenschaften in diesem Sektor etabliert, was zur Folge hat, dass viele von Komponist:innen zur Verfügung gestellte Programme auf dieses Betriebssystem beschränkt sind.

Um aufgenommene Klänge in den Computer zu leiten, wird dieser an ein Audio-Interface angeschlossen. Eine weitere häufig benötigte Peripherie sind diverse Controller, etwa Fußpedale oder MIDI-Controller mit Schieberegler (Fadern) und Drehregler (Potentiometern, »Pots«, »Potis«). Diese werden meist über USB angeschlossen und dienen etwa dazu, Parameter wie Lautstärke oder Synthese-Eigenschaften live zu regeln. Vermehrt gibt es in letzter Zeit auch auf mobile Geräte optimierte Programme, mit denen niederschwellig über die eingebauten Touchscreens interagiert werden kann.

## 2.3 Bedienung der live-elektronischen Stimme

Beim Einstudieren einer Komposition mit Live-Elektronik stellt sich meist die Frage, ob der elektronische Part während der Aufführung allein von den Musiker:innen bedient werden kann, oder ob dafür als Mitmusiker:innen agierende Techniker:innen benötigt werden. Im Falle von Luigi Nonos in Abschnitt 4 zu behandelndem »Post-Prae-Ludium per Donau« waren dafür ursprünglich ein bis zwei Techniker:innen vorgesehen, mittlerweile können deren Aufgaben teilweise durch Computeralgorithmen ausgeführt werden. Im Zweifelsfall ist es wahrscheinlich meist besser, eine zweite Person hinzuzuziehen, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten (vgl. Adler-McKean 2020, S.176). Der wichtige Aspekt der Klangregie (also die Anpassung einer Klangwelt an einen Aufführungsort) muss sowieso von einer anderen Person als den Musiker:innen übernommen werden.

## 2.4 Besonderheiten der Aufführung für Interpret:innen

Aufführungen von Werken mit Elektronik bringen für die Interpret:innen spezielle Herausforderungen mit sich. Kompositionen mit Zuspelung sind im Erarbeitungsprozess immer exakt wiederholbar, was ein detailgenaues Einüben der Abläufe ermöglicht. Darin kann jedoch auch eine Schwierigkeit liegen, wenn es etwa darum geht, aufeinander Bezug nehmende Einsätze zeitlich zu organisieren, wo doch die Elektronik nicht auf Interpret:innen reagieren kann. Daher ist es »sinnvoll, [...] in der Partitur entweder durch grafische bzw. Texthinweise oder Synchronisationspunkte [...] zu ermöglichen, sich mit den bearbeiteten Klängen zu koordinieren« (Adler-McKean 2020, S.176). Bei manchen Stücken (vor allem für Ensembles) werden auch Clicktracks eingesetzt, welche entweder den einzelnen Musiker:innen oder den Dirigent:innen per In-Ear-Hörer helfen, mit der Zuspelung synchron zu bleiben.

Werke mit Live-Elektronik dagegen sind in Fragen der zeitlichen Synchronisation oft leichter handhabbar, da die Elektronik tatsächlich im Austausch mit den Interpret:innen stehen kann. Trotzdem ist viel Zeit nötig, um sich auf die Prozessierung

einzulassen und damit zu spielen, sowie deren Verhalten kennenzulernen und in der Aufführungssituation die nötige Souveränität behalten zu können. Dafür ist man musikalisch flexibler, und – entsprechende Programmierkenntnisse vorausgesetzt – können teilweise sogar Adaptionen an der live-elektronischen Komponente vorgenommen werden, um das Werk auf eine spezielle Aufführungssituation zuzuschneiden. Eine wesentliche kreative Aufgabe für Interpret:innen ist auch das Finden einer passenden Mikrofonierung – hier sollte mit unterschiedlichen Mikrofontypen (dynamische Mikrophone, Kontaktmikrophone) und deren Platzierung experimentiert werden, was sehr große Auswirkungen auf den Klangeindruck des Stückes haben kann.

Die Wahl zwischen Zuspieldung und Live-Elektronik ist für Komponist:innen heute nicht allein eine technische, sondern vor allem eine künstlerische Frage, da sich die beiden Techniken für jeweils unterschiedliche Arten von Musik eignen. Auch als Interpret:in ist man gut beraten, hier die Vorzüge der jeweiligen Umsetzung zu genießen beziehungsweise sich selbst einen entsprechenden Schwerpunkt zu bilden.

### 3 Geschichte und Überblick der Literatur für Solotuba mit Elektronik

Als verhältnismäßig junges Instrument, welches erst in den 1830er-Jahren entwickelt wurde, ist für die Tuba lange Zeit nur wenig Sololiteratur von bedeutenden Komponist:innen geschrieben worden. Zwar gab es durchaus und auch sehr früh schon solistische und herausfordernde Stellen in Werken der Opern- und Orchesterliteratur, etwa in Richard Wagners Ring-Tetralogie oder den Werken von Richard Strauss (vgl. Pröpper, Evans 2002), doch es dauerte bis 1954, dass mit Ralph Vaughan Williams »Concerto for Bass Tuba« ein Solokonzert eines weltbekannten Komponisten ins Repertoire kam. Ein Jahr darauf erschien die »Sonate für Tuba und Klavier« von Paul Hindemith, der im Rahmen eines Zyklus Sonaten für alle Orchesterinstrumente schrieb. In der Folge entstanden auch Stücke mit avantgardistischerer Tonsprache, etwa William Krafts »Encounters II« (1966) für Solotuba, womit die technischen Anforderungen an die Aufführenden deutlich erhöht wurden (vgl. Potter 2018, S.2).

#### 3.1 Frühe Werke für Tuba und Zuspielung

In den 1970ern schließlich wurden die ersten Stücke für Tuba und Elektronik komponiert (Potter 2018, S.3), darunter die »Midnight Variations« (1971) von Walter Ross (vgl. Ross o.J.) und Lejaren Hillers »Malta« (1971).

Bei den elektronischen Parts der Werke dieser Zeit handelte es sich vor allem um auf Tonband (engl. »tape«) aufgenommene Klänge, welche über unterschiedlich viele Kanäle abgespielt wurden und in eine vorausbestimmte musikalische Beziehung zur live gespielten Tuba traten.

Für Joseph Otts »Music for Solo Tuba and Tape« (1971) muss die Begleitstimme von potenziellen Interpret:innen selbst produziert werden (Potter 2018, S.3). Das

1973 geschriebene Werk »Cadence VI« von Henri Lazarof wurde vom bekannten Tubasolisten Roger Bobo 1978 für sein Album »Botuba« aufgenommen (ebd.).

Mit Melvyn Poores »Playback I« (1978) und »Tubassoon« (1979), Trevor Wisharts »Tuba Mirum« (1979) oder Bogusław Schöffers »Project« (1980) folgten auch von namhaften Komponisten weitere Beiträge zur Musik für Tuba und Zuspieldung (vgl. Adler-McKean 2020, S.193f.).

### 3.2 Frühe Werke für Tuba und Live-Elektronik

Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« ist mit seiner Entstehung im Jahr 1987 keineswegs eine der frühesten Kompositionen für Tuba und Elektronik (wie manchmal ungenau formuliert wird), jedoch eine der frühesten, die eine Live-Elektronik verlangt. Die dafür notwendigen Gerätschaften waren zu dieser Zeit sehr teuer und fast nur in den Musikstudios der Rundfunkhäuser zu finden. Luigi Nono arbeitete damals mit dem »Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks« (heute »SWR Experimentalstudio«) in Freiburg zusammen, um seine elektronischen Stücke umzusetzen (vgl. Ricordi 2020). Für die Realisierung des Werkes waren dabei mehrere Techniker:innen an der Bedienung der Effektgeräte beteiligt, heute ist auch ein automatisierter bzw. von den Interpret:innen selbst gesteuerter Ablauf der Elektronik möglich. Die verwendeten elektronischen Effekte umfassen Nachhall, Delays (quasi nach bestimmten Zeiten eintretende Echos des gerade gespielten) inklusive Feedback, »Phasing« (vgl. Abschnitt 4.2.3), vierkanalige Spatialisierung (»Halaphon«), und Filterung (Nono 1987).

Weitere Beispiele für die Verwendung von Live-Elektronik in den folgenden Jahrzehnten sind die Werke »And Finally...« von Melvyn Poore (1993) und »Battu« von Joseph Rován (2004) (Tignor 2009, S.10).

### 3.3 Beispiele für jüngere live-elektronische Konzepte

In Cort Lippes »Music for Tuba and Computer« (2008) ist das die Elektronik steuernde Computerprogramm darauf ausgelegt, der live gespielten Tuba quasi »zu-

zuhören« und darauf zu reagieren. Parameter wie Tonhöhe und Klangfarbe, Lautstärke und Dichte werden in Echtzeit analysiert und beeinflussen die erzeugte Elektronik klanglich und musikalisch (Lippe 2008, S.ii). Der Komponist versucht damit, eine fast kammermusikalische Interaktion zwischen Tuba und Elektronik zu schaffen:

»The intent is to create a level of interactivity between the performer and the computer in which the performer influences the computer output based on aspects of the musical expressivity of his/her interpretation of the score. Much like chamber music playing, in which individual expressivity has a fundamental influence on the entire ensemble; the feedback loop between performer and computer hopefully has a positive influence on the final musical result.« (ebd.).

Durch die interaktive Natur dieses Werkes ist hier die Mitwirkung von Techniker:innen zur Bedienung des Computerprogrammes nicht notwendig. Dabei umfasst die Klangwelt unterschiedlichste Synthesemethoden (vgl. ebd.).

In Paul Schuettes »smudge – a TUBA SOLO with live electronics« (2012) ist die elektronische Ebene auf nur zwei Effekte reduziert: einen Nachhall und einen Ringmodulator. Wie im Titel »smudge« (dt. etwa »schmieren«, »verwischen«) angedeutet, verwischt der Nachhall die horizontale (d.h. zeitliche) Dimension der gespielten Musik, während der Ringmodulator durch die erzeugten Seitenbänder das Spektrum und damit die »vertikale« (d.h. harmonische) Ebene des Klanges verschmiert (Schuette 2012, S.i). Zwischen den beiden Effekten können Interpret:innen mittels eines Fußpedals umschalten. Daher ist auch dieses Werk ohne Mitwirkung von die Elektronik bedienenden Personen ausführbar.

Ein anderes Ziel verfolgt Karlheinz Essl in seinem Werk »Si!« für Tenor-Tuba, Live-Elektronik und Surround-Sound (Essl 2012a). Der Komponist musizierte selbst viele Jahre in einem Duo mit Tuba und Computer (Essl 2016). Und so soll auch in diesem Werk eine Art Duett-Situation zwischen den beiden Instrumenten Tuba und Elektronik entstehen (Essl 2012b). Zu den eingesetzten Spieltechniken schreibt der Komponist:

»Eine Tenortuba in Bb wird von zwei Mikrofonen abgenommen: einem Kondensator-Mikrofon [...], das sich über der Stürze befindet und einem Kontaktmikrofon [...], das an der Schallröhre angeklebt ist. [...] Die Tuba wird nicht nur geblasen, sondern an einigen Stellen auch wie ein Schlaginstrument gespielt. [...] Zudem muss der Spieler auch in das Mundstück singen bzw. atmen unter Ausnutzung der natürlichen Resonanzen der Tuba.« (Essl 2012b).

The image shows a musical score for a Tuba and Volume (Vd.) instrument. The score is divided into three systems. The first system (measures 1-7) shows a Tuba part with dynamics pp, p, and mp, and FX effects. The second system (measures 8-14) is marked 'mod: ad lib' and includes dynamics p, mp, and mf. The third system (measures 15-20) includes tempo markings '♩ = 30 acc.' and '♩ = 60', and dynamics p, pp, f, and mp. The FX staff indicates various electronic effects like 'Germ: 1/2' and 'Germ: 1/4'.

Abbildung 1: Partiturausschnitt aus Karlheinz Essls »Si« (Essl 2012b, S.1). Die obere Zeile jedes Systems gibt die zu verwendenden elektronischen Effekte an, die untere Zeile deren Lautstärke. Die mittlere Notenzeile betrifft die Tuba.

## 4 Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« (1987) für F-Tuba und Live-Elektronik

Als eines der ersten Werke für Solo-Tuba und Live-Elektronik, das zudem von einem bedeutenden Komponisten stammt, ist Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« von besonderem Interesse für diesem Repertoire zugeneigten Tubist:innen (vgl. Tignor 2009, S.1). Doch auf potenzielle Interpret:innen kann nicht nur die besondere Art der Notation, sondern auch die benötigte Elektronik und deren technisch-schematische Beschreibung abschreckend wirken. Daher möchte ich im Folgenden Hinweise für die Umsetzung einer Aufführung geben und dabei zuerst das Umfeld des Werkes beleuchten.

### 4.1 Kontext und Geschichte des Werkes

Das ca. 13-minütige »Post-Prae-Ludium per Donau« für sechs-ventilige F-Tuba und Live-Elektronik wurde am 17. Oktober 1987 bei den Donaueschinger Musiktagen unter der Klangregie von André Richard und Rudolf Strauß (Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks) uraufgeführt und ist Giancarlo Schiaffini (dem Interpreten) gewidmet (Fondazione Archivio Luigi Nono Onlus o.J.). Von der Uraufführung existiert eine Live-Aufnahme, die heute eine wichtige Quelle zur Umsetzung des Stückes darstellt und online verfügbar ist.

Die Komposition war als Teil einer Serie von »Post-Prae-Ludien« geplant (Tignor 2009, S. 6) und scheint deshalb manchmal auch unter dem Titel »Post-prae-ludium n. 1 per Donau« auf. Mit den Werken »No hay caminos hay que caminar...Andrej Tarkowskij« für sieben instrumentale Gruppen (1987) und »Post-prae-ludium n. 3 ›BAAB-ARR‹« für Piccoloflöte und Live-Elektronik (1988) erfuhr diese Serie zwei Fortsetzungen.

Nono hatte die Tuba bereits zuvor in einigen Werken eingesetzt, etwa in »Guai ai gelidi mostri« (1983, Ensemble mit Live-Elektronik), »Prometeo« (1984, Musikthe-

ater mit Live-Elektronik), and »Risonanze erranti« (1986, Ensemble mit Live-Elektronik); er hatte dem Instrument aber noch kein Solostück gewidmet (Tignor 2009, S. 6). Mit Elektronik beschäftigte sich Nono bereits seit vielen Jahren: sein erstes dahingehendes Werk »Omaggio a Emilio Vedova« für vierspuriges Tonband entstand 1960 (ebd.). Als er (seit dem Jahr 1980) mit dem damaligen »Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks« (heute »SWR Experimentalstudio«) in Freiburg kollaborierte, entstanden die ersten Kompositionen mit Live-Elektronik (Ricordi 2020).

Das »Post-Prae-Ludium per Donau« zählt zum Spätwerk des 1990 verstorbenen Komponisten. Nono arbeitete in dieser Zeit verstärkt mit einzelnen Musiker:innen zusammen und ließ sich durch deren Improvisationen und Spieltechniken inspirieren (Pinamonti 1993), darunter Roberto Fabbriciani (Flöte), Ciro Scarponi (Klarinette) und Giancarlo Schiaffini (Posaune und Tuba). Schiaffini erinnert sich an die Entstehung des Werkes:

»We experimented with different instrumental and live-electronics techniques. Sometimes it was a kind of improv to be recorded and studied.«  
(Schiaffini 2009, zit. n. Tignor 2009, S. 9).

Die Komposition wurde ganz auf Schiaffini zugeschnitten und nutzt die größtmöglichen klanglichen Extreme:

»The composition was tailored to my technical possibilities; he wanted to know different transformation of sound (1st page), then the highest and the deepest pitch, the most powerful (loudest) and on these extremes (as fffff and ppppppp) he built the composition.« (ebd.).

Die serielle Strenge der früheren Werke Nonos hatte sich in dieser Lebensphase zu einer fast improvisativen Offenheit hin gewandelt. Dabei wird die Partitur »zu einer Spur, zu einer Landkarte, die der Interpret aktiv neu erschaffen muss, ihre Notation ist keine Vorschrift, sondern lediglich eine Nachschrift« (Pinamonti 1993, eigene Übersetzung).

## 4.2 Zur Realisierung der Elektronik

Grundsätzliche technische Ausrüstung wird wie in Abschnitt 2.2 beschrieben benötigt (Aufnahme- und Wiedergabesystem, Effektgerät). Für das Wiedergabesystem sind vier rund um das Publikum aufgestellte Lautsprecher vorgesehen (Quadrophonie). Während Lautsprecher 1 und 4 etwa auf Ohrhöhe zu positionieren sind, sollen Lautsprecher 2 und 3 in einiger Höhe platziert werden.

Für die Uraufführung wurde zur Aufnahme der Tuba ein »Shure SM58«-Mikrofon in der Nähe des Trichters verwendet (Schiaffini 2009, zit. n. Tignor 2009, S.29). Als Effektgerät kam unter anderem die »Publison Infernal Machine #90« zum Einsatz, außerdem das »Halaphon« (eine vom Leiter des Experimentalstudios Hans Peter Haller gemeinsam mit Peter Lawo entwickelte Spatialisierungsmaschine) (ebd.). Seit einigen Jahren wird die live-elektronische Prozessierung gängigerweise durch Computerprogramme umgesetzt (vgl. Tignor 2009, S.29, Adler-McKean 2020, S.176), meine Implementation dazu wird in Abschnitt 4.3 vorgestellt.

Die verwendeten Effekte bestehen aus vier Programmen (PGM 1–4, siehe Nono 1987, S.5f.), welche in der Folge erläutert werden.

### 4.2.1 Zu Programm 1 – Hall und Delays

PGM 1 wird während eines Großteils des Stückes verwendet (Beginn bis Minute 7 und Minute 10 bis Ende (ca. 13:40)). Es besteht aus einem 5-sekündigen Hall und vier Delays (mit Feedback), welche auf 5, 7, 10 und 15 Sekunden eingestellt sind und aus je einem der vier Lautsprecher spielen. Das bedeutet, dass jeder gespielte Klang einmal nach 5 Sekunden, einmal nach 7, nach 10 und nach 15 Sekunden quasi als Echo wiederkehrt. Um diesen Vorgang noch interessanter und weniger vorhersehbar zu gestalten, hat Nono eine kontinuierliche Fluktuation des Eingangs- und des Ausgangspegels für die Delays vorgesehen (für Details zur Gestaltung dieser Fluktuation vgl. Abschnitt 4.3). Dadurch wird nicht jeder gespielte Ton in die Delays geleitet und nicht jedes erzeugte Echo wird hörbar.

Ab Minute 4:30 findet innerhalb des Programms eine Änderung statt: Langsam wird ein Feedback zugeschaltet, womit jede »Wiederholung« nicht nur einmal, sondern mehrere Male spielt – denn durch das Feedback wird jedes Echo wiederum in die Delays eingespeist, wodurch eine Schleife zustande kommt; der Klang baut sich immer mehr auf. Außerdem werden Eingangs- und Ausgangspegel auf 100% angehoben. So entsteht aus wenigen gespielten Tönen ein dichtes klangliches Geflecht. In dieser Form wird PGM 1 auch bei seiner Wiederkehr (ab ca. 10 Minuten bis zum Schluss) verwendet.

#### 4.2.2 Übergänge zwischen Programmen

Während PGM 2 bei Buchstabe B aktiviert wird, verringert sich PGM 1 im Ausgangspegel langsam auf null, erhält aber kein Eingangssignal mehr; es klingen dadurch nur die verbleibenden Delays langsam aus (»fade out«). PGM 1 bleibt also in dieser Form noch aktiv, um mit seiner Ausklingphase einen sanften Übergang zwischen den Programmen zu erzielen. Es kann wohl davon ausgegangen werden, dass dieses Prinzip für alle Übergänge zwischen Programmen anzuwenden ist (vgl. auch Nono 1987, S.7; hier ist in Nonos Notation ein Fade-Out des Halls von PGM 3 eingezeichnet, das sich mit dem Eintritt von PGM 4 überlappt).

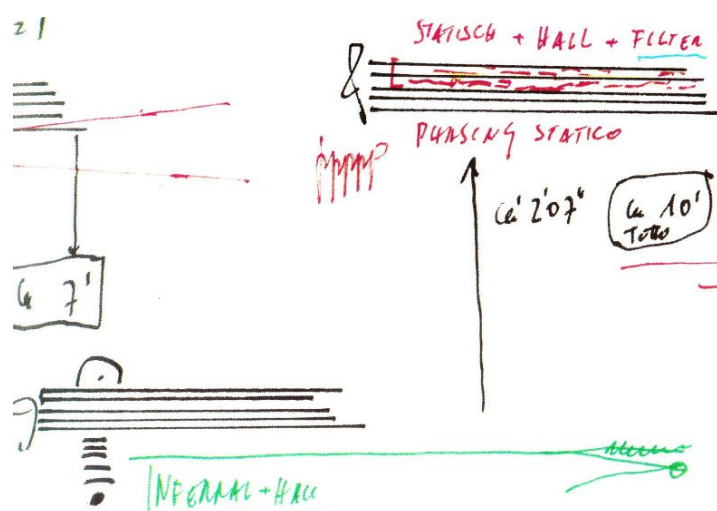


Abbildung 2: Ausschnitt aus Nonos handschriftlicher Partitur; in grün die Dynamik von PGM 3 mit Fade-Out, das sich mit PGM 4 (in rot) überlappt (Nono 1987, S.7).

#### 4.2.3 Zu Programm 2 – »Phasing« bzw. Flanging, Halaphon

PGM 2 kommt zwischen ca. Minute 5:20 und ca. Minute 7 zum Einsatz. Es umfasst einen »Phasing« genannten Effekt und das Halaphon (quadrophone Spatialisierung). Diese beiden Effekte bedürfen genauerer Betrachtung:

Die Bezeichnung »Phasing« bzw. »Phaser« birgt Potenzial für Missverständnisse. Gängigerweise versteht man darunter einen Effekt, welcher ein Signal dupliziert, durch einen (oder mehrere) Allpass-Filter leitet, und daraufhin diese modifizierte Kopie wieder mit dem Original kombiniert (vgl. Smith 2010, »Phasing«). Der Allpass-Filter heißt so, weil er (im Gegensatz etwa zu einem Hochpass-, Tiefpass- oder Bandpass-Filter) alle Frequenzen gleichermaßen durchlässt – allerdings modifiziert er dabei die Phase des Signals. Das führt für sich allein zu keinem für das menschliche Ohr wahrnehmbaren Unterschied im Klang; wird jedoch diese gefilterte Kopie gleichzeitig mit dem Original abgespielt, entstehen im resultierenden Spektrum frequenzabhängige Auslöschungen und Verstärkungen (»Kammfilter«), die eine charakteristische Klangfarbe erzeugen.

Ein verwandter Effekt ist der »Flanger« (bzw. das »Flanging«): dieser funktioniert ebenfalls mittels Duplizierung und Rekombination eines Signals, die Kopie wird dabei aber nicht mit einem Filter behandelt, sondern lediglich gegenüber dem Original leicht verzögert abgespielt (vgl. Smith 2010, »Flanging«). Dadurch entsteht ebenfalls ein »Kammfilter-Effekt«: »Flanging« und »Phasing« resultieren trotz der unterschiedlichen Erzeugungsart in ähnlichen klanglichen Ergebnissen, da die beschriebene Phasen-Verschiebung quasi eine frequenzabhängige Verzögerung darstellt. Ein Unterschied besteht darin, dass beim Flanging eine fixe Harmonizität (gemäß der Obertonreihe) erzeugt wird, während diese beim Phasing beeinflusst werden kann – Phaser sind damit teilweise musikalisch flexibler einsetzbar. Beide Effekte werden meist mit einer charakteristischen periodischen Oszillation der Modulationsfrequenz verwendet.

Missverständnisse entstehen, weil (vor allem im 20. Jahrhundert) oftmals der Begriff »Phasing« für einen Flanging-Effekt benutzt wurde (z.B. in Eimert, Humpert 1973, S.252). Dies dürfte auch in Nonos Partitur der Fall sein: die damals im Frei-

burger Studio verwendete Effektmaschine (Publison Infernal Machine #90) war nämlich auf Hall und Delays spezialisiert (womit ein Flanging-Effekt umsetzbar ist), verfügte hingegen über keinerlei Filter. In der Gebrauchsanweisung des Geräts wird diese Vermutung bestätigt: »By mixing an original sound with the same sound slightly delayed, you obtain a filtering effect which is called PHASING [sic]« (Publison 1987, S.1–1, Großschreibung im Original).

Vermeintlich scheint der Sachverhalt dadurch geklärt, jedoch entspricht der Höreindruck der entsprechenden Stelle in Schiaffinis Aufnahme der Uraufführung nicht unbedingt einem gängigen Flanging- (oder Phasing-)Effekt. Die charakteristische periodische Modulation fehlt gänzlich. Schiaffini gibt dazu die folgende Auskunft: »[...] phasing was actually just pitch multiple transposition of less than a semitone« (Tignor 2009, S.26). Die »Infernal Machine« verfügte auch über ein Programm zum Pitch-Shifting (vgl. Publison 1987, S.4–1). Kombiniert man ein um weniger als einen Halbton erhöhtes (oder erniedrigtes) Eingangssignal mit seinem Original, ergibt sich eine relativ scharfe harmonische Reibung. Dieser Klangeindruck scheint sich mit der entsprechenden Stelle der Uraufführung zu decken. Nono selbst verwendete für diesen Pitch-Shifting-Effekt den Begriff »Phasenverschiebung« (etwa in den Hinweisen zum Beginn von Teil IV (Interludio 1) des *Prometeo*: »Phaseschibung« (zit. n. Jena 2017, S.401)) und gibt im Fall des Post-Praeludium die Werte 0.98, 1.01, 0.99 und 1.02 an (Nono 1987, S.7), welche als Multiplikatoren der Frequenz interpretiert die Cent-Abweichungen -35, 17, -17 und 34 für den Pitch-Shift ergeben (100 Cent entsprechen einem Halbton, vgl. auch obiges Zitat Schiaffinis).

In meiner Implementation (siehe Abschnitt 4.3) besteht die Wahlmöglichkeit zwischen einem Flanger und dem von Schiaffini beschriebenen »Pitch-Shifting«.

Das Halaphon ist ein von Hans Peter Haller und Peter Lawo (Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks) entwickeltes Verfahren zur Spatalisierung von Klängen. In der Partitur werden dafür »Zwei Geschwindigkeiten (langsam) mit entgegengesetzten Richtungen« gefordert (Nono 1987, S.5). Die Bemerkung könnte eventuell so gemeint sein, dass am Gerät zwischen zwei Geschwindigkeiten und Richtungen gewählt werden konnte (sprich z.B. eine etwas

langsamere und eine etwas schnellere (aber trotzdem langsame) Geschwindigkeit, sowie linksdrehend oder rechtsdrehend). ~~Verwendet wurde vermutlich eine umkreisende Bewegung des Klanges über die vier Lautsprecher, wie es in dieser Zeit oft praktiziert wurde.~~ Stefan Jena bemerkt in seinem Aufsatz »Wie mit Rudi gearbeitet. Zu einigen Fragen der Notation in live-elektronischer Musik Luigi Nono« (2017) folgendes:

»So hatte Nono eine Abneigung gegen periodische Wiederholungen oder gleichförmige Halaphon-Bewegungen (die bei anderen Komponisten so beliebte Steuerung von Klängen in einer kreisenden Bewegung findet sich bei Nono selten). Stattdessen bevorzugte er kontrastierende Abläufe, setzte z. B. höheres Bewegungstempo im Raum für langsamere Rhythmen der Live-Musik ein.«

Weiters verweist er für genauere Beschreibungen solcher Abläufe auf den Band »Das Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks Freiburg 1971–1989« (Verlag Nomos, Baden-Baden) von Hans Peter Haller (S.124f.). Dieses Buches konnte ich leider selbst bisher noch nicht habhaft werden.

Gemäß einer Erklärung von Hans Peter Haller kann sich auch aus dem Zusammenwirken von (statisch an einer Lautsprecherposition verharrender) Live-Verstärkung und der durch das Halaphon dynamisch bewegten Spatialisierung ein »Phasing-Effekt« ergeben (Haller 2006, S.12f.).

#### 4.2.4 Zu Programm 3 – Hall

PGM 3 besteht allein aus einem Nachhall, der mit 30 Sekunden allerdings extrem lang ist und einen riesigen Klangraum eröffnet, in dem das ausgehaltene Kontra-C seine vielfältigen Obertöne entfalten kann (»Klang mit Mikrointervallen, so beweglich wie möglich (im Timbre). Sehr weit entfernt.« (Nono 1987 S.2)). Trotz der Anweisung »sehr weit entfernt« und der angegebenen Dynamik (»pppppp«), sollte der verhallte Klang das nötige Volumen erreichen, um wie gefordert ein Kaschieren des Nachatmens zu ermöglichen (mit der in die Noten eingezeichneten zweimal unterbrochenen Linie deutet der Komponist wohl ein zweimaliges Nachatmen

innerhalb des ca. 53 Sekunden dauernden Tones an). In der Praxis wird ein Nachhall je nach dessen Eingangspegel in seiner Dauer unter Umständen deutlich verkürzt. Bei der Einstellung des Effektes ist also vor allem ein musikalisch stimmiges Ergebnis anzustreben, wozu eventuell mit den genauen Parametern experimentiert werden muss.

Zu beachten ist, dass PGM 3 nur auf den vorderen beiden Lautsprechern (Kanal 1 und 2) ausgespielt wird.

#### 4.2.5 Zu Programm 4 – Filter und Hall

PGM 4 beinhaltet einen Lowpass-Filter (Grenzfrequenz 566 Hz) und einen 10-sekündigen Hall. Durch den Filter sind nur Frequenzen unter 566 Hz (entspricht etwa dem Grundton eines cis<sub>2</sub>) hörbar. Da die Tuba in diesem Abschnitt der Komposition im Tonumfang c<sub>1</sub> bis f<sub>1</sub> spielt, werden so fast sämtliche Obertöne der gespielten Klänge eliminiert. Aus einigen Quellen geht hervor, dass Nono an der Reinheit von Sinustönen (reinen Grundtönen ohne Obertöne) interessiert war. Bei den Arbeiten am »Prometeo« (1981–1985) notierte er sich, dass Schiaffini in der Lage zwischen kleinem f und f<sub>1</sub> solche sinusartigen Töne auf der Tuba erzeugen konnte (vgl. Pinamonti 1993). Möglicherweise könnte es also angebracht sein, bei der Einstellung des Filters eine hohe Ordnung zu wählen (d.h., dass die angegebene Frequenz von 566 Hz eine eher scharfe Begrenzung darstellt), um diesen Eindruck von Sinustönen zu unterstützen.

Zu beachten ist, dass PGM 4 nur auf den hinteren beiden Lautsprechern (Kanal 3 und 4) ausgespielt wird.

#### 4.2.6 »Programm 0« – Live-Verstärkung?

Im Elektronik-Schema der Partitur (Nono 1987, S.5) ist neben den vier bisher beschriebenen Programmen auch eine Live-Verstärkung ohne zusätzliche Effekte auf allen vier Kanälen vorgesehen. Bezeichnet ist diese mit der (etwas verwirrenden) Anweisung »Durchgehend [»sempre«]; von 10'00" bis zum Ende«. In der Partitur erscheint tatsächlich erst bei der 10-Minuten-Marke eine mit »ampli-tuba«

bezeichnete Zeile, in der der Grad der Verstärkung (»Amplification«) erst langsam von 0 auf 100% erhöht und dann wieder auf 0% erniedrigt wird (100% bezeichnet hierbei die höchstmöglich erreichbare Lautstärke ohne Auftreten von Verzerrungen). Damit scheint es eindeutig zu sein, dass eine Live-Verstärkung nur innerhalb dieses Abschnittes stattfinden soll. Zweck ist die Unterstützung des Crescendos bis zum »fff possente«.

Diese Verstärkung könnte in der Elektronik (quasi als »PGM 0«) umgesetzt werden. Allerdings werden Live-Verstärkungen gängigerweise nicht durch Computerprogramme realisiert, sondern direkt analog am Mischpult erzeugt, da so eine sehr geringe Latenz gewährleistet werden kann, was einem natürlicheren Spielgefühl für Interpret:innen gleichkommt.

### 4.3 Meine Implementation der Elektronik

Die in den vorangegangenen Abschnitten erläuterten Erkenntnisse gingen in eine eigene Umsetzung der Elektronik zu Nonos Komposition ein, welche ich mittels der Audio-Programmierungsumgebung »Max/MSP« verwirklicht habe und zur freien Verwendung bereitstelle (abrufbar unter <https://gabrielbramboeck.com/nono>).

Die Software kann manuell von einer zweiten Person gesteuert werden, verfügt aber auch über einen »Autopiloten«, welcher nach Wunsch alle Einstellungen gemäß der Zeitangaben in der Partitur automatisch verwaltet. Die aktuelle Version ist immer unter der genannten Adresse zu finden. Dabei steht einerseits eine selbstständig ausführbare Variante, andererseits die komplett editierbare Quelldatei zur Verfügung. Letztere erfordert zur Ausführung den Besitz der »Max/MSP«-Software.

In der folgenden Abbildung ist die Benutzeroberfläche des Programms zu sehen. Links befinden sich Eingang, dann Stoppuhr, Autopilot und Presets, darunter Ausgang und Aufnahmemöglichkeit. Daneben sind die vier elektronischen Programme samt deren Einstellungsmöglichkeiten.

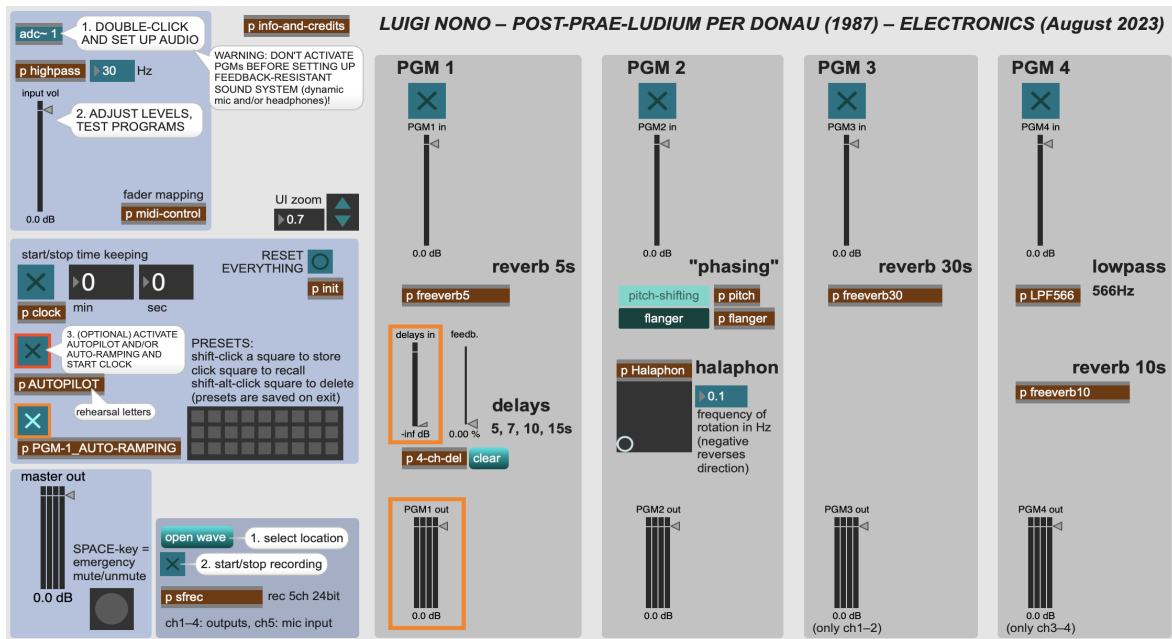


Abbildung 3: Benutzeroberfläche der Software (Stand: August 2023).

Vor jeder Verwendung ist es nötig, in den Audio-Optionen (durch Doppelklick auf das »adc~ 1«-Objekt) Input- und Output-Device zu bestimmen und darüber hinaus eventuell die richtigen Eingangs- und Ausgangskanäle festzulegen, falls diese von der Standard-Einstellung abweichen (Input Kanal 1; Outputs Kanäle 1–4, allerdings in der Reihenfolge 1, 2, 4, 3 (im Uhrzeigersinn) gemäß der Aufstellung in der Partitur (Nono 1987, S.4).

Nach Vornahme dieser »virtuellen Verkabelung« kann das Werk in der elektronischen Standardkonfiguration aufgeführt werden, indem entweder der Autopilot oder manuell die einzelnen Programme aktiviert werden. Es gibt jedoch auch die Möglichkeit, einige Einstellungen der Elektronik nach eigenem Belieben zu justieren, diese sind in der Benutzeroberfläche türkis eingefärbt und werden in der Folge beschrieben (diese Details sind keine Voraussetzung für die Verwendung des Programms, das Werk kann ohne weiteres erst mit den Standardeinstellungen hörend und spielend erforscht werden, um dann bei Bedarf nach Wunsch in die Elektronik einzugreifen). Zusätzliche Einstellungen finden sich auch in den durch Doppelklick auf die jeweiligen braun eingefärbten Kästen erreichbaren Unterfenstern.

#### 4.3.1 Bemerkungen zu den vier Programmen

**PGM 1** umfasst einen fünfsekündigen Hall und vier Delays (Details zur technischen Umsetzung der Programme finden sich in Abschnitt 4.3.4). Für alle Halleffekte besteht die Möglichkeit, im jeweiligen Unterfenster anstelle des eingebauten Nachhallalgorithmus (»Freeverb« von Olaf Matthes/Volker Böhm) einen eigenen VST-Hall zu substituieren (siehe dazu die Hinweise im Programm).

Bezüglich der Delays sind die in der Partitur vorgesehenen Bewegungen deren Eingangs- und Ausgangslautstärke in Form einer (standardmäßig aktivierten) »Auto-Ramping«-Funktion algorithmisch automatisiert. Darüber hinaus wird bei Verwendung des Autopiloten auch das Feedback und der weitere Verlauf der Delay-Lautstärken (ab Minute 4:30) wie in der Partitur angegeben reguliert.

**PGM 2** umfasst »Phasing« und das Halaphon. Für ersteren Effekt sind zwei Wahlmöglichkeiten gegeben: Voreingestellt ist das von Schiaffini beschriebene »Pitch-Shifting« (vgl. Abschnitt 4.2.3), umgesetzt mittels eines Delay-basierten Harmonizers. Hierbei wird der Klang um 90 Cent hinauf transponiert (100 Cent entsprechen einem gleichstufigen Halbton) und mit dem Originalsignal kombiniert, wodurch eine deutlich hörbare Reibung entsteht. Alternativ kann ein Flanger gewählt werden, was dem in der Partitur »Phasing« genannten und in der zur Erarbeitung des Werkes verwendeten »Infernal Machine« vorhandenen (aber damals höchstwahrscheinlich nicht verwendeten) Effekt entspricht. In den jeweiligen Unterfenstern der beiden Effekte können deren individuelle Parameter verändert werden.

Das Halaphon vollzieht wie in der Software visualisiert eine stetige »Umkreisung« des Publikums. Hier können Geschwindigkeit und Richtung der Kreisbewegung stufenlos eingestellt werden. In der Voreinstellung läuft die Geschwindigkeit der Umkreisung mit 0,1 Hz ab (entspricht 10 Sekunden pro Umdrehung).

**PGM 3** ist ein sehr langer (mit 30 Sekunden angegebener) Hall, der nur auf den ersten beiden Kanälen ausgespielt wird. Anstelle des eingebauten Halls kann auch hier wie erwähnt ein eigener VST-Hall substituiert werden. Mittels des »Input-Volume«-Reglers (über welchen jedes Programm verfügt und der die Lautstär-

ke des in den Effekt geleiteten Mikrophonsignals bestimmt) kann die effektive Stärke des Halleffekts justiert werden.

**PGM 4** besteht aus einem Lowpass-Filter auf 566 Hz sowie einem zehnssekündigen Hall und wird nur auf Kanal 3 und 4 ausgespielt. Der Filter ist (wie in Abschnitt 4.2.5 begründet) auf eine hohe Ordnung (Butterworth 6. Ordnung) voreingestellt (entspricht einer scharf definierten Grenzfrequenz), um den Eindruck von »Sinustönen« zu unterstützen.

#### 4.3.2 Verwaltung der Programme und Parameter

Die Aktivierung und Deaktivierung von PGM 1–4 erfolgt durch Betätigen der großen Schalter am oberen Rand. Wichtig ist, dass diese Schalter nur bestimmen, ob das Mikrophonsignal in den Input des Effektes durchgelassen wird – der Output der Programme ist immer aktiv. Dadurch können sanfte Übergänge zwischen den Programmen (vgl. Abschnitt 4.2.2) erzielt werden, da bei Deaktivierung keine neuen Klänge eingespeist werden, jedoch die aktuellen Inhalte ausklingen.

Mittels des »init«-Knopfes (»Initialisierung«) kann das Programm auf seinen Anfangszustand zurückgesetzt werden, beispielsweise um gerade spielende Delays zu löschen, oder vor eine Aufführung beginnt (danach muss ein allfälliges Preset allerdings neu aktiviert werden, siehe unten).

Bei Verwendung des Autopiloten läuft die angezeigte Stoppuhr mit, und alle Programmwechsel erfolgen selbstständig gemäß der Zeitangaben in der Partitur. Um mit dem Autopiloten synchron zu bleiben, sollten Interpret:innen am besten eine gleichzeitig gestartete Stoppuhr auf dem Notenpult haben. Für die Probenarbeit kann der Autopilot mithilfe der entsprechend bezeichneten Knöpfe im Unterfenster von bestimmten Abschnitten der Komposition aus gestartet werden, um diese gezielt zu üben. (Nebenbei bemerkt empfiehlt es sich, zur Wiedergabe des Werkes statt aus dem Computernotensatz aus der handschriftlichen Notation Nonos zu lesen, da ersterer einige Ungenauigkeiten aufweist (Position der grünen Pfeile in T.1, Fehlen der Acciacatura-Striche in T.3, Position des gelben Pfeils in T.6, Ergänzung eines Auflösungzeichens statt möglicherweise einer Hilfslinie in T.8)).

Unabhängig vom Autopiloten aktiviert werden kann das »Auto-Ramping«, welches dann durchgehend arbeitet und nur die zufällige Bewegung der Delay-Pegel (Details dazu in Abschnitt 4.3.4) bei Buchstabe A betrifft.

Wichtig ist, dass sämtliche benutzerdefinierten Änderungen an den Parametern der Software über das Preset-System gespeichert werden müssen, ansonsten gehen sie beim Schließen verloren. Speichern erfolgt durch Shift-Klick auf einen freien Slot (siehe auch die Hinweise im Programm). Bei jedem Neustart der Software (oder nach Betätigung des »init«-Knopfes) muss das gewünschte Preset neu geladen werden.

#### 4.3.3 Zusatzfunktionen

Der mit 30 Hz angesetzte Hochpassfilter direkt nach dem Eingang ist nicht klanglicher, sondern technischer Natur und dient als Sicherheitsnetz gegen Störgeräusche des Mikrophons. Seine Frequenz ist einstellbar, durch den Schalter im entsprechenden Unterfenster kann er auch deaktiviert werden (»bypass«).

Die Software verfügt über eine Möglichkeit zur Aufnahme der Klänge. Hierzu muss gemäß der angezeigten Hinweise erst ein Speicherort am Computer festgelegt werden, woraufhin mittels des Schalters der Mitschnitt aktiviert wird. Zum Beenden der Aufnahme muss dieser Schalter erneut betätigt werden. Aufnahmen erfolgen in 24 Bit und umfassen (im Gegensatz zu üblichen Audiodateien im Stereo-Format) fünf Kanäle: Kanäle 1–4 sind die Ausgangskanäle, Kanal 5 enthält den Input, also das aufgezeichnete Mikrophonsignal der Tuba.

Innerhalb des mit »midi-control« bezeichneten Unterfensters können alle wichtigen Regler der Elektronik nach Belieben auf die Fader eines angeschlossenen MIDI-Controllers gelegt werden (siehe dazu die Hinweise im Programm).

#### 4.3.4 Technische Details der Umsetzung von Programm 1

Zur Bedienung von Eingangs- und Ausgangspegeln der Delays (PGM 1, Buchstabe A) schlägt Schiaffini als Herausgeber der Partitur vor, mittels »zwei Technikern,

die input und output vollkommen unabhängig voneinander steuern, [...] die Zufälligkeit der Ereignisse« zu erhöhen (Nono 1987, S.3). Dieses Vorgehen ist mit meiner Software möglich, es gibt jedoch in Form des »Auto-Ramping« auch eine Funktion, welche die indeterminierte und unabhängige Bewegung der Lautstärke dem Computer überlässt. Dabei habe ich versucht, die zu Beginn der Partitur angedeuteten Bewegungsmuster in ihrer Art nachzubilden: Eine Serie zufällig generierter Dauern zwischen 1–4 Sekunden bestimmt, wann jeweils von 0% auf 100% bzw. von 100% auf 0% umgeschaltet wird, eine weitere Zufallszahl legt die Schnelligkeit bzw. Steilheit jeder dieser Rampen fest. Die Zeitspannen wurden aufgrund des graphischen Verhältnisses des in der Partitur abgebildeten Lautstärkenverlaufs zu den darüber gedruckten Notenzeilen und Taktstrichen geschätzt – die maximale abgebildete Dauer macht (außer zu Beginn des Output, siehe dazu in Kürze) ca. die graphische Länge von zwei Vierteln aus, was bei Tempo 30 etwa 4 Sekunden entspricht. Diese Inverhältnissetzung ist in Anbetracht der ungenauen Notation lediglich eine Vermutung, weshalb alle Zeitparameter auch nach Wunsch überschrieben werden können.

Das Feedback der Delays in PGM 1 durchläuft keinerlei Filter (etwa Tiefpassfilter als »tape effect«). Dadurch soll das Feedback-Programm der 1987 verwendeten »Infernal Machine« reproduziert werden (vgl. Publison 1987, S.2–1: »This feedback is digital and consequently perfectly linear in frequency«). Für die Feedback-Stärke ist der tatsächliche maximale Wert mit 99% begrenzt. Auch wenn die Skala in der Partitur bis 100% reicht, entspricht die Begrenzung der Implementation in der »Infernal Machine« (vgl. ebd.).

## 4.4 Zu meiner Aufnahme – Interpretation und Realisierung

Bei der von mir im Rahmen dieser Arbeit produzierten Aufnahme von Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« handelt es sich nicht um eine Live-Aufnahme, sondern um eine Studioproduktion. Zur Verwirklichung der Elektronik habe ich meine im vorangehenden Abschnitt vorgestellte Implementation verwendet. Die Tuba wurde mit einem AKG D330BT (dynamisches Mikrofon) nahe dem Trichter aufgenommen. Im zweiten Formabschnitt (»Phasing«-Effekt) habe ich mich für das von Schiaffini beschriebene Pitch-Shifting entschieden (vgl. Abschnitt 4.2.3). Auch die »Autopilot«-Funktion kam zum Einsatz, um die Bewegung der Eingangs- und Ausgangsregler für die Lautstärke der Delays zu steuern.

### 4.4.1 Zur Umsetzung der Spatialisierung

Die Spatialisierung wurde in Form eines binauralen Stereo-Formats ausgeführt – binaurale Aufnahmen sind für die Wiedergabe auf Kopfhörern vorgesehen und ermöglichen dort durch Ausnutzung spezieller akustischer Effekte die Abbildung eines dreidimensionalen Raums. Wenn man bedenkt, wie wichtig Raumklang sowohl in diesem konkreten Werk als auch generell in dieser Schaffensphase von Nono ist, wird klar, dass konventionelle Stereo-Aufnahmen (wie die der Uraufführung durch Schiaffini) einen wichtigen Teil der Erfahrung des »Post-Prae-Ludium« nicht transportieren können (vgl. Tignor 2009, S.24). Es liegt daher nahe, entweder eine Surround-Aufnahme zu unternehmen (was allerdings spezielle und aufwändige Wiedergabesysteme erfordert), oder eben dem Raumeindruck durch binaurale Spatialisierung nahe zu kommen, was ein Raum-Erlebnis niederschwellig zugänglich macht.

### 4.4.2 Interpretatorische Aspekte

Mir war es in meiner Interpretation ein Anliegen, die unterschiedlichen Teilabschnitte der Komposition gut auszudifferenzieren; vom substanzlosen Altissimo

bei Buchstabe B, über die klanglichen Fluktuationen weit fernab eines »statischen« Tones des Kontra-C, bis hin zu einem deutlichen Crescendo zum »fff posente« vor Buchstabe C. Zudem habe ich versucht, die »Morsecode-artigen« Gestalten des Abschnittes bei PGM 4 genau wie angegeben umzusetzen, indem nämlich den »lang-kurz-lang«-Strukturen jeweils drei unterschiedliche mikrotonale Tonhöhen zugewiesen werden:

*Statisch + Hall + Filter 566Hz*

[ a b c microintervall. alternare. ]

Abbildung 4: Partiturausschnitt; Spielanweisung in Klammern (Nono 1987, S.11).

In Kombination mit dem zehnssekündigen Hall ergeben sich dabei scharfe harmonische Reibungen, die ich so auf keiner anderen Aufnahme gehört habe. Das ist insofern interessant, als gerade bei diesem Abschnitt (mit dem 566-Hz-Filter) wie erwähnt der Bezug zu sinusartig »reinen« Klängen hergestellt werden kann (vgl. Abschnitt 4.2.5). Für Nono aber waren nicht nur sehr reine Töne ästhetisch interessant; auch »schmutzige« und unreine Klänge hatten einen Platz in seiner musikalischen Welt – so schreibt etwa Hans Peter Haller zur Interpretation von Nonos Kompositionen:

»Not only is that which sounds beautiful and perfect good and right. Not only is that which is played with virtuosity good and right. It can well be good and right which seems defective.« (Haller 1999, zit. n. Tignor 2009, S.30).

Und auch der Tubist Robin Hayward berichtet über seine Produktion des »Post-Prae-Ludium« im SWR Experimentalstudio, dass er bei der Vorbereitung des Werkes zu sehr auf Perfektion fokussiert war, während Nono bewusst (etwa durch Verwendung der Halbventil-Spieltechnik oder der indeterminierten Notationen) ei-

ne gewisse Unbestimmtheit und Offenheit ausdrücken wollte (vgl. Hayward 2009, zit. n. Tignor 2009, S.30f.).

#### 4.4.3 Schlussbemerkung – zum Stellenwert des Zuhörens

Meines Erachtens ist abseits all der (auch hier im Detail besprochenen) technischen Bestandteile dieser Komposition das wichtigste am Umgang mit dem Stück, sich auf die einzigartige Klangwelt von Nonos Musik einzulassen und diese hörend kennenzulernen. Mittels eines offenen und unvoreingenommenen Zuhörens kann sich so ein persönlicher Zugang zum Werk eröffnen, der auch in der Mitteilung an ein Publikum in stets neuen Facetten erscheint:

»Das Zuhören, an das Nono bei der Arbeit an Werken wie dem »Post-Prae-Ludium per Donau« denkt, ist ein originäres Zuhören, nicht in dem Sinne, dass es in der Lage wäre, den finalen Sinn der Komposition zu erfassen, sondern in dem Sinne, dass es jedes Mal aufs Neue mit neugierigem Staunen vor dem Zugang zu einem Klang steht, ohne das Ergebnis vorhersehen zu können, in einer Dimension der zeitlichen Suspension.« (Pinamonti 1993, eigene Übersetzung).

## 5 Zusammenfassung und Schlusswort

Werke mit Zuspielung und solche mit Live-Elektronik zeichnen sich jeweils durch eigene Vorteile und Herausforderungen aus. Während eine Zuspielung ebenso exakt geplant und ausgeführt werden wie mit ihr geprobt werden kann, bestehen Reiz und Schwierigkeit von Werken mit Live-Elektronik in der Flexibilität und Unvorhersehbarkeit jeder Aufführung. Beide Formen benötigen jeweils eigene technische Voraussetzungen, welche in der Arbeit erläutert wurden, wobei live-elektronische Produktionen tendenziell mit mehr Aufwand verbunden sind.

Die ersten Kompositionen mit Tuba und Elektronik entstanden in den 1970er-Jahren und verwendeten überwiegend Tonband-Zuspielungen. Gut 15 Jahre darauf wurden erstmals Stücke für Tuba und Live-Elektronik komponiert; eines der frühesten ist Luigi Nonos »Post-Prae-Ludium per Donau« (1987).

Dieses Standardwerk der Literatur erlitt in einem Hauptkapitel der Arbeit nähere Betrachtungen. Seine Notation und technische Umsetzung ist potenziell mit einigen Unsicherheiten und Fragen behaftet, welche im Detail diskutiert wurden. Unter anderem ist dabei mit Verweis auf die Betriebsanleitung des für die Produktion der Uraufführung verwendeten Effektgerätes »Publison Infernal Machine #90« auf den missverständlichen Begriff des »Phasing« eingegangen worden, womit in Nonos Komposition eigentlich ein »Flanging« gemeint ist (obwohl nach Aussage des Interpreten der Uraufführung stattdessen letztlich eine Live-Transposition um einen knappen Halbton verwendet wurde).

Solcherart technische Erläuterungen, welche etwa auch Fragen des Filter-Typs, der Spatialisierung durch das »Halaphon« und der Übergänge zwischen Abschnitten angingen, bildeten die Basis für eine eigene Implementation der elektronischen Komponente als niederschwellig verwendbares Computerprogramm, erstellt mit der graphischen Audio-Programmiersprache »Max/MSP«. Details zu dessen Verwendung und Funktionsweise finden sich in den entsprechenden Kapiteln.

Mithilfe dieses Programmes wurde eine eigene Tonaufnahme des »Post-Prae-Ludium« produziert. Sie liegt in einer binauralen Stereo-Fassung vor, welche eine deutlich bessere Raumwahrnehmung als konventionelle Stereo-Aufnahmen bietet, und ist darüber hinaus Ergebnis des Anspruches, einige Feinheiten der Partitur besonders zu beachten.

Ich hoffe, dass diese Arbeit einen Beitrag zum besseren Verständnis von Nonos wichtiger Komposition und deren Umsetzung zu leisten vermag, und darüber hinaus interessierten Interpret:innen Hinweise für die Aufführung von Werken mit Elektronik geben kann. Technische Entwicklungen mögen bereits binnen weniger Jahre wieder neue Möglichkeiten und Erleichterungen bieten, es können sich dadurch aber auch neue Herausforderungen bei der Wiedergabe bestehender Werke stellen. Daher ist es von zentraler Wichtigkeit, der musikalischen Aussage einer Komposition möglichst genau nachzuspüren, um in gegenwärtigen wie zukünftigen Aufführungssituationen ein werkgetreues und inspirierendes Ergebnis zu erreichen.

## 6 Glossar technischer Fachbegriffe

**Allpass-Filter:** Ein Filter, welcher alle Frequenzen in unveränderter Lautstärke durchlässt, jedoch die  $\rightarrow$ Phase des Eingangssignals verändert. Diese Änderung ist nicht isoliert hörbar, sondern erst, wenn das gefilterte Signal mit seiner »Originalgestalt« kombiniert wird ( $\rightarrow$ Phasing).

**Convolution (als Audio-Effekt):** Übertragung der rhythmisch-klanglichen Struktur einer Wellenform auf eine andere mittels Multiplikation derer Spektren.

**Dynamisches Mikrofon:** Mikrophontyp, bei dem die Geschwindigkeit der Membranbewegung in Spannung umgewandelt wird. Nimmt hauptsächlich sehr nahe Klänge auf, hingegen wenig vom Raum und besitzt deshalb gute Feedbackresistenz, wodurch es vor allem für den Live-Einsatz verwendet wird.

**Feedback:** Bedeutet, dass das Ergebnis eines Prozesses wieder in den Prozess eingespeist wird, womit sich eine Art Schleife bilden kann. Wird für viele Audio-Effekte verwendet. Bezeichnet außerdem das umgangssprachliche »Pfeifen« einer Resonanzfrequenz, welche sich durch eine Schleife zwischen Mikrofon und Lautsprechern schnell zu einer extremen Lautstärke steigern und für das Ohr wie auch die Technik gefährlich sein kann.

**Flanger/Flanging:** siehe Abschnitt 4.2.3

**Frequency-Shifting:** Audio-Effekt, bei dem alle Frequenzen eines Spektrums mit einem fixen Wert addiert oder subtrahiert werden. Dadurch wird das Spektrum höher oder tiefer, allerdings bleiben die Obertöne nicht im selben Verhältnis zueinander (dafür müsste eine Multiplikation verwendet werden), was sich in einer als »inharmonisch« und »elektronisch« wahrgenommenen Klangfarbe äußert.

**Granularisierung:** Verwendung der Granularsynthese, um einen Klang in einzelne Grains (dt. »Körner«) in der Länge von meist wenigen Millisekunden zu zerlegen und diese neu zusammensetzen. Häufiger und vielfältig einsetzbarer elektronischer Audio-Effekt.

**Halaphon:** siehe Abschnitt 4.2.3

**Harmonizer:** Audio-Effekt, der in seiner gängigsten Form aus einem einstimmigen Eingangssignal (z.B. Gesang) mehrere (meist durch ein Keyboard angegebene) Akkordtöne der selben Klangfarbe erzeugt.

**Kammfilter:** Wird ein Signal mit seiner wenige Millisekunden zeitverzögerten Kopie kombiniert (etwa durch die Aufnahme von Erstreflexionen naher Oberflächen oder als elektronischer Effekt), entstehen in regelmäßigen Abständen Auslöschungen und Verstärkungen im Spektrum, die bei einer Visualisierung als namensgebende Kamm-Form sichtbar werden.

**Kondensator-Mikrofon:** Mikrofontyp, bei dem die Auslenkung der Membran in Spannung gewandelt wird. Deutlich empfindlicher als ein →dynamisches Mikrofon, nimmt den gesamten Raum auf und ist daher sehr feedbackanfällig. Wird vor allem im Studio verwendet.

**Lowpass-Filter:** Filter, der nur Frequenzen unterhalb einer gegebenen Grenzfrequenz durchlässt. Die Schärfe dieser Grenze (also wie schnell darüberliegende Frequenzen in der Lautstärke abfallen) kann durch die »Ordnung« des Filters bestimmt werden. Bei höheren Ordnungen wird die Grenze schärfer.

**Phase:** Gibt an, an welchem Punkt in einem periodischen Signal man sich befindet, also etwa am Beginn oder bei der Hälfte des Zyklus. Die Phase wird als Winkel in Grad angegeben. Eine Phasenveränderung ist nur bei Kombination mit dem unveränderten Signal oder anderen Effekten hörbar.

**Phaser/Phasing:** siehe Abschnitt 4.2.3

**Ringmodulation:** Elektronischer Verfremdungseffekt. In der einfachsten Form wird ein Signal durch ein zweites (z.B. eine Sinus-Schwingung in der Geschwindigkeit von über 20 Hz) in der Lautstärke moduliert, wodurch zwei Seitenbänder entstehen, welche die Summe bzw. Differenz der beiden Frequenzen darstellen.

**Spatialisierung:** Verteilung von Klängen auf eine gegebene Anzahl von Lautsprechern. Bei Stereoaufstellungen ist nur die Achse zwischen links und rechts möglich, mit vier (Quadrophonie) oder acht (Oktophonie) Lautsprechern wird häufig ein Kreis um das Publikum gebildet, aber auch »Dreidimensionalität« ist möglich.

## 7 Literaturverzeichnis

Adler-McKean, J. (2020). »Die Spieltechnik der Tuba«, Kassel: Bärenreiter.

Eimert, H., Humpert, H. U. (1973). »Das Lexikon der elektronischen Musik«, Regensburg: Gustav Bosse Verlag.

Essl, K. (2012a). »Si!«, Partitur, <http://khz96.org/sco/si.pdf> [15. März 2023]

Essl, K. (2012b). »Si!«, Website, <https://www.essl.at/works/si.html> [15. März 2023]

Essl, K. (2016). »ESSL.BURGER – free improvisations for brass and electronics«, <https://www.essl.at/concerts/esslbürger.html> [15. März 2023]

Fondazione Archivio Luigi Nono Onlus (o.J.). »Post-prae-ludium n. 1 per Donau«, <https://www.luiginono.it/opere/post-prae-ludium-n-1-per-donau/> [15. März 2023]

Haller, H. P. (2006). »Raumklang / Klangraum«, <http://www.hp-haller.homepage.t-online.de/heft2.html> [15. März 2023]

Jena, S. (2017). »Wie mit Rudi gearbeitet. Zu einigen Fragen der Notation in live-elektronischer Musik Luigi Nonos«, in: Grassl, M., Jena, S., Vejvar, A. [Hrsg.] »Arbeit an Musik : Reinhard Kapp zum 70. Geburtstag«, Wien: Praesens Verlag.

Lippe, C. (2008). »Music for Tuba and Computer«, Partitur, <https://www.cortlippe.com/uploads/1/0/7/0/107065311/lippe-tubascore.pdf> [15. März 2023]

Nono, L. (1987). »Post-Prae-Ludium per Donau – per tuba (in fa) e live electronics«, Mailand: Ricordi.

Pinamonti, P. (1993). »Post-Prae-Ludium per Donau«, in: »Con Luigi Nono. Festival internazionale di musica contemporanea, La Biennale di Venezia, 1992–93«, Mailand: Ricordi, S.246 (zit. n. Fondazione Archivio Luigi Nono Onlus (o.J.)). »Post-prae-ludium n. 1 per Donau«, <https://www.luiginono.it/opere/post-prae-ludium-n-1-per-donau/#tab-id-2> [15. März 2023]

Potter, C. G. (2018). »The Electroacoustic Tuba: A Study Of Selected Works For Tuba With Fixed Media And Live Processed Electronic Accompaniments.«, DMA diss., University of Maryland.

Pröpper, K., Evans, M. [Hrsg.] (2002). »Orchesterprobespiel: Tuba/Kontrabasstuba«, Leipzig: Edition Peters.

Publison (1987). »Infernal Machine 90 – User Guide – Summary Of The English Edition«, verfügbar unter: <https://www.docdroid.net/RREKQJB/publison-infernal-machine-manual-1987-az-pdf> [15. März 2023]

Ricordi (2020). »Nono: 1924–1990«, Ricordi Musikverlag News. <https://www.ricordi.com/en-US/News/2020/05/Nono-30-years-death.aspx> [15. März 2023]

Ross, W. (o.J.). »Midnight Variations«, <http://walterross.com/compositions/brmidnt.html> [15. März 2023]

Schuette, P. (2012). »smudge – a TUBA SOLO with live electronics«, Partitur, <https://www.paulschuette.com/wp-content/uploads/2012/11/smudge-GOOD.pdf> [15. März 2023]

Smith, J. O. (2010). »Flanging«, in: »Physical Audio Signal Processing«, W3K Publishing. <https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Flanging.html> [15. März 2023]

Smith, J. O. (2010). »Phasing«, in: »Physical Audio Signal Processing«, W3K Publishing. <http://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Phasing.html> [15. März 2023]

Tignor, S. E. (2009). »A Performance Guide To Luigi Nono's Post-Prae-Ludium No. 1 »Per Donau««, DMA diss., University of North Texas.