



IEM Report 44/11

Visueller Klickgenerator für 35 MusikerInnen (Molekularorgel, Puls 4)

Individuell steuerbare dreifach LED-Klicks, die beim „musikprotokoll 2010“ für das Eröffnungskonzert verwendet wurden.

Verfasst von

Thomas Musil, Alois Sontacchi

März 2011

Zusammenfassung

Die Molekularorgel von Constantin Luser ist eine Plastik, die aus 35 serpentinartig umgeformten Blasinstrumenten besteht. Die einzelnen Instrumente wurden jeweils auf einen Ton der temperierten Vierteltonskala gestimmt. Der Komponist Peter Jakober schrieb das Stück „Puls 4“ für die Eröffnung des Chemieersatzgebäudes der Technischen Universität Graz. Die Komposition ist zum Teil in 35 unterschiedlichen Tempi aufgebaut. Ein 36-Spur-Klick-generator diente zur Synchronisation der MusikerInnen und der Dirigentin. Dieser wurde am Institut für Elektronische Musik und Akustik der Universität für Musik und darstellende Kunst Graz entwickelt und gebaut. Es handelt sich dabei um eine computergesteuerte Elektronik mit 36 mal 3 LEDs, die den MusikerInnen die individuellen Tempi der Partitur optisch anzeigen.

Abstract

"Molekularorgel" (molecular organ) is a sculpture by Constantin Luser, consisting of 35 brass instruments that were transformed into a serpentine shape and are each tuned to a note out of a quarter tone scale. The composer Peter Jakober wrote the piece "Puls 4" for the opening of the "Chemieersatzgebäude" of the University of Technology in Graz. The composition builds on up to 35 different tempos. To synchronize the musicians and the conductor, a 36-track click generator was designed and built at Institute of Electronic Music and Acoustics of the University of Music and Performing Arts in Graz. The unit in question is a computer-controlled electronic device with 36 x 3 LEDs which optically display to the musicians the individual tempos of the score.

Inhalt

1 Allgemeines	5
1.1 Kerndaten der Aufführung von "Puls 4 für 35 Röhren"	5
1.2 Beschreibung der Plastik und des Stücks	6
1.3 Entscheidung für optischen Klick.....	7
2 Hardware	9
2.1 Beschreibung des Klickgenerators.....	9
2.1.1 Beschreibung des Parallelport-Adressendecoders	9
2.1.2 Beschreibung der Speicherpuffermoduls.....	11
2.1.3 Beschreibung der LED-Anzeige	12
3 Software	14
3.1 Die Steuerdateien der einzelnen Instrumente.....	14
3.2 Steuerung des Parallelports mittels Pure-Data	15
4 Fotogalerie	16

1 Allgemeines

1.1 Kerndaten der Aufführung von "Puls 4 für 35 Röhren"

Molekularorgel-Design:	<i>Constantin Luser</i>
Technische Umsetzung der Molekularorgel:	<i>Martin Huth</i>
Instrumentenbauer:	<i>Alois Mayer Haagston</i>
Auftraggeber der Klangplastik:	<i>BIG Art Kunst & Bau</i> <i>(BIG-Bundesimmobiliengesellschaft)</i>
Komposition von "Puls 4 für 35 Röhren":	<i>Peter Jakober</i>
Auftraggeber der Komposition:	<i>ORF musikprotokoll / steirischer herbst</i>
Musikalische Leitung:	<i>Kajsa Boström</i>
Aufführende:	<i>35 Musiker und Musikerinnen</i> <i>der Kunstuniversität Graz bzw.</i> <i>der Grazer BläserVielharmoniE</i>
Klicktrack-Elektronik:	<i>Thomas Musil, IEM / KUG</i>
Klicktrack-Aufbau, Proben:	<i>Thomas Musil, Robert Baumgartner</i>
Licht, technischer Aufbau:	<i>Artbox</i>
In Zusammenarbeit mit:	<i>Institut für Elektronische Musik und Akustik,</i> <i>Grazer BläserVielharmoniE,</i> <i>Kunstuniversität Graz</i>
Ort der Aufführung:	<i>Innenhofdach des Chemie-Ersatzgebäudes</i> <i>der Technischen Universität Graz</i> <i>Neue Technik, Kopernikusgasse 24</i> <i>8010 Graz</i>
Datum der UA:	<i>Do. 7. Oktober 2010, 19h30</i>

1.2 Beschreibung der Plastik und des Stücks

Der Künstler Constantin Luser und der Komponist Peter Jakober realisierten gemeinsam das Kunstprojekt „Molekularorgel“ – ein Auftragswerk der BIG Art (BIG-Bundesimmobiliengesellschaft) am Innenhofdach des Chemieersatzgebäudes der Technischen Universität Graz. Bei der Molekularorgel handelt es sich um ein Hybrid-Kunstwerk, einerseits stellt sie eine Kunst-am-Bau-Metallplastik dar, andererseits kann man auf diesem Freiluftmusikinstrument auch musizieren. Die Molekularorgel besteht aus 35 ausgewickelten Blechblasinstrumenten (14 Trompeten, 14 Posaunen, 7 Tuben), die, serpentinenförmig zusammengebaut, entlang der Seiten eines heptagonalen Gerüsts montiert wurden. Dieses siebeneckige Gerüst kann hydraulisch höhenverstellt werden. Fast alle Instrumente wurden ihrer Ventile und Züge beraubt, sie können daher nur die Naturtonreihe ihres Grundtons wiedergeben. Die Grundtöne der Instrumente wurden chromatisch temperiert im Vierteltonabstand zwischen „b“ und „f - 50 cent“ gestimmt.



Abb.1: Tubenprobe am Abend.

1.3 Entscheidung für optischen Klick

PULS 4 ist das Einweihungsstück von Peter Jakober - eine Auftragskomposition vom ORF musikprotokoll. Das Stück wurde synchronisiert mittels 36 individuell steuerbaren optischen Lichtanzeigen eines Klickgenerators. (Der 36. Klick war für die Dirigentin)

Gründe, die für die Wahl eines optischen Klicktracks sprachen:

1. Die geometrische Anordnung der Musizierenden, die kreisförmig um die Plastik stehen. Dadurch konnte nur ein Bruchteil (33 %) der Musizierenden, Dirigentin und Noten gleichzeitig verfolgt werden.
2. Eine Dirigentin kann nicht 35 verschiedene Tempi gleichzeitig dirigieren.
3. Computerbildschirm-Metronome sind zu teuer.
4. Gekaufte akustische Klicks sind zu teuer (36 Kanal Audio, 36 Kopfhörerverstärker), selbst gemacht zu aufwändig.
5. Akustische Klicks sind bedingt durch die Lautstärke des Musikobjektes nur bei extremer Wiedergabelautstärke (ggf. verletzend laut) rezipierbar.
6. Ohrstöpselkopfhörer sind zu wenig robust gegen Schnee, Regen und Bläserkondenswasser.
7. Optische Klicks (wenn abgedichtet) können auch bei starken Regen eingesetzt und gelagert werden.
8. Der Preis der Herstellung bzw. des Einkaufs nichtoptischer Systeme, da der Klick nicht verliehen sondern verkauft wurde.

Gründe, die gegen die Wahl eines optischen Klicktracks sprachen:

9. Das Auge ist viel träger als das Ohr und weniger mit dem Rhythmusgefühl verkoppelt.
10. Das gleichzeitige Beobachten des optischen Klicks bzw. Lesen der Noten fällt schwer.
11. Bei akustischen Klicks könnte man Taktangaben, Pausen und Wiedereinstiege dazu sprechen.

ad Punkt 9: Dieser Aussage kann man wenig entgegen halten, verbessert wurde die visuelle Trägheit durch Verwendung von 3 LEDs an 3 verschiedenen Orten anstatt einer 3-Farben-LED.

ad Punkt 10: Die optische Klickanzeige kann man in der Blickrichtung „Augen – Noten“ positionieren, wobei die LEDs selbst muss man nicht scharf sehen.

ad Punkt 11: Es wurden 3 LEDs verwendet: ein LED für den ersten Schlag im Takt, ein weiteres LED für die übrigen Schläge im Takt, und ein zusätzliches drittes LED für die Angabe jeder fünften Eins im Takt (d.h. dieses LED blinkt einmal alle 5 Takte). Wenn alle 3 LEDs gleichzeitig blinken, signalisiert dies das Vortakttempo oder stoppt die Probe.

2 Hardware

2.1 Beschreibung des Klickgenerators

2.1.1 Beschreibung des Parallelport-Adressendecoders

Die Schaltung für den Adressendecoder verwendet 8 Datenleitungen und 3 Steuerleitungen eines PC-Drucker-Parallelports. Mit dem Steuersignal PTR_A0 speichert man 4 der 8 Datenbits als Adresse, welche mit gültigem Steuersignal PTR_A2 zu 16 Chip-Select-Signalen dekodiert werden. Die 16 Chip-Select-Signale mit den 16-fach gepufferten 8 Datenbits werden dann via Datenbus zu den 16 Datenspeicher- und Signalpuffer-Module verbunden.

Der Schaltungsentwurf für den Parallelport-Adressendecoder als auch dessen Umsetzung sind in den nachfolgenden Abbildungen 2a/2b dargestellt.

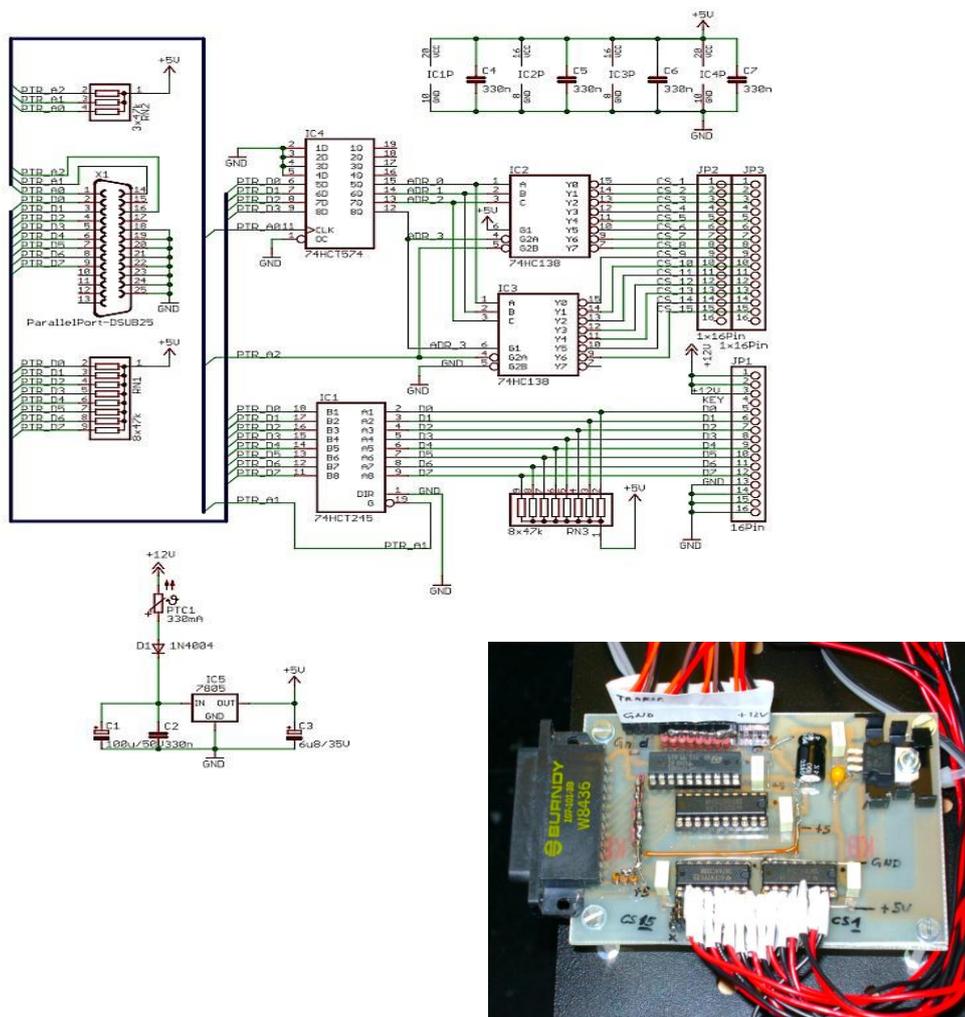


Abb.2a/2b: Schaltung und Print des Parallelport-Adressendecoders.

2.1.2 Beschreibung der Speicherpuffermoduls

Dieses besteht aus einem 8-Bit-Latch und 8 invertierenden, komplementären transistorpuffern. Gespeichert werden die 8 Datenbits in einem Latch IC1. Die Pufferstufe ist jeweils ein komplementäres bipolares Transistorpaar in Emitterschaltung, die auf 20 mA Quell- bzw. Senkstrom ausgelegt ist. Insgesamt werden 16 dieser Module verwendet. Diese 16 mal 8 Leitungen werden in 36 mal 3 Leitungen unterteilt und via XLR-Kabeln zu den LED-Anzeigen verbunden. Der Überschuss von $16 \cdot 8 - 36 \cdot 3 = 20$ Bits dient als Reserve für unvorhersehbare Fälle.

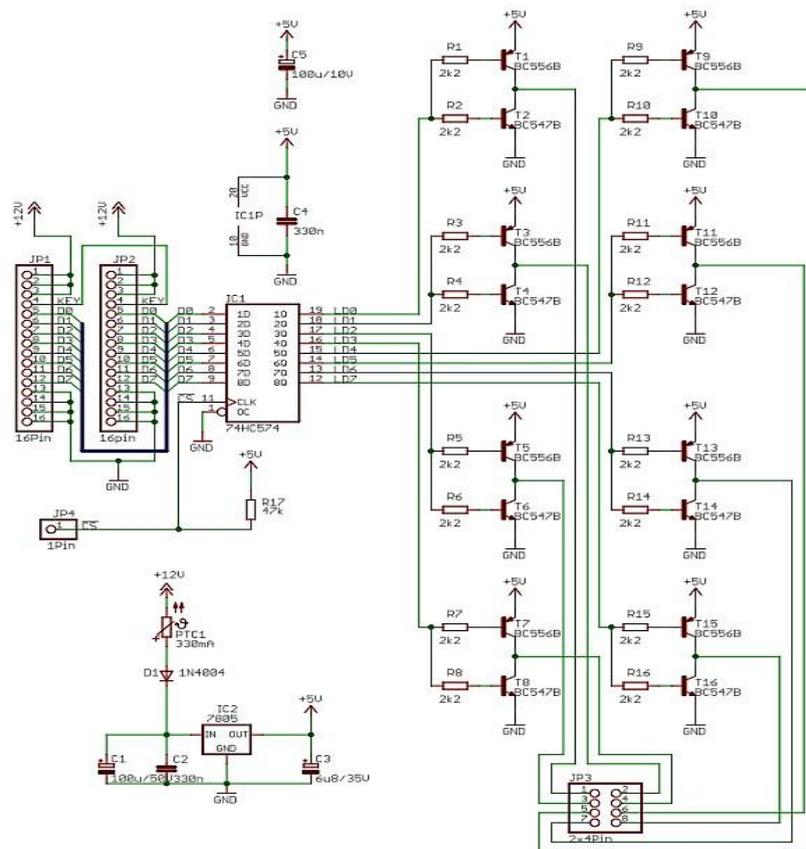


Abb.3a: Schaltung des Speicherpuffermoduls.

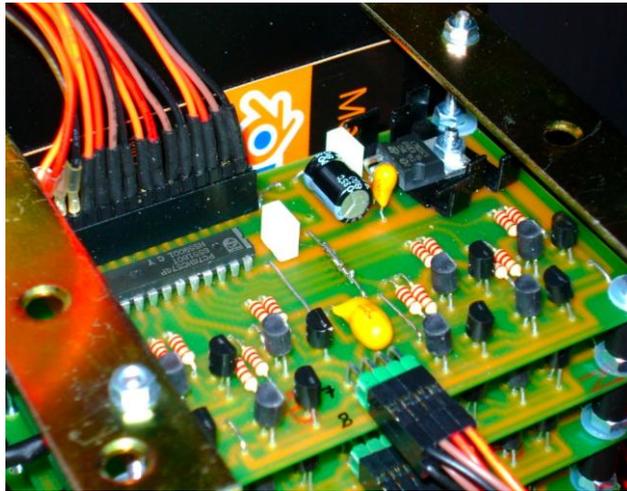


Abb.3b: Die 16 Prints der Speicherpuffermodule.

2.1.3 Beschreibung der LED-Anzeige

Über ein passives Dioden-Widerstand-Logiknetzwerk werden 3 Eingangssignale in 6 unterscheidbare Leuchtzustände der LEDs gewandelt.

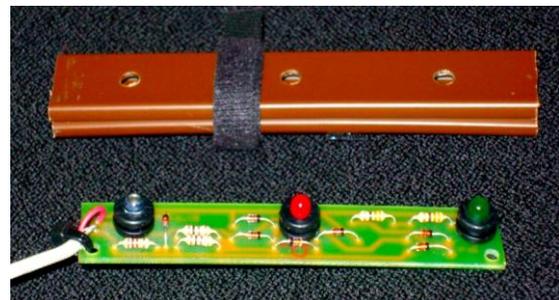
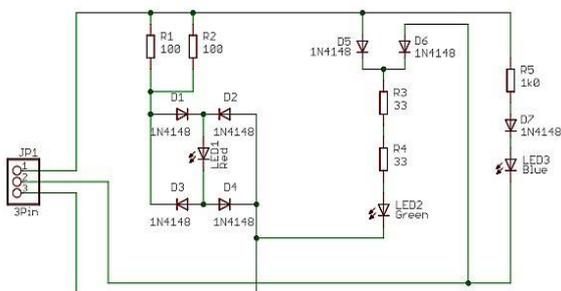


Abb.4a/4b: Schaltung, Gehäuse und Print der LED-Anzeige.

Mit 3 Signalen ohne gemeinsamen Rückleiter kann man 8 unterscheidbare Zustände darstellen, nur 6 davon besitzen auch Spannungsdifferenzen (2 Zustände dunkel, vgl. dazu Tabelle 1).

1 XLR_3	2 XLR_2	3 XLR_1	Rot	Grün	Blau	Bedeutung
L	L	L	.	.	.	Dunkel, Pause
L	L	H	o	o	o	Start, Stop
L	H	L	.	o	.	2., 3., 4. ... Schlag
L	H	H	o	o	.	Keine Bedeutung
H	L	L	o	.	.	1. Schlag
H	L	H	.	.	o	Alle 5 Takte, 1. Schlag
H	H	L	o	.	.	1.Schlag (Variante 2)
H	H	H	.	.	.	Dunkel, Pause

Tab.1: Kodiertabelle der DR-Logik von der LED-Anzeige.

Um die LED-Anzeigen vor Feuchtigkeit zu schützen, wurden die LEDs mittels Gummitüllen in das Gehäuse eingebaut. Die Wahl der Verbindung zwischen LED-Anzeige und Steuerungskasten fiel auf dreipolige XLR-Stecker/Buchsen, die man mit handelsüblichen Kabeln bzw. Multicore-Leitungen beliebig verlängern kann.

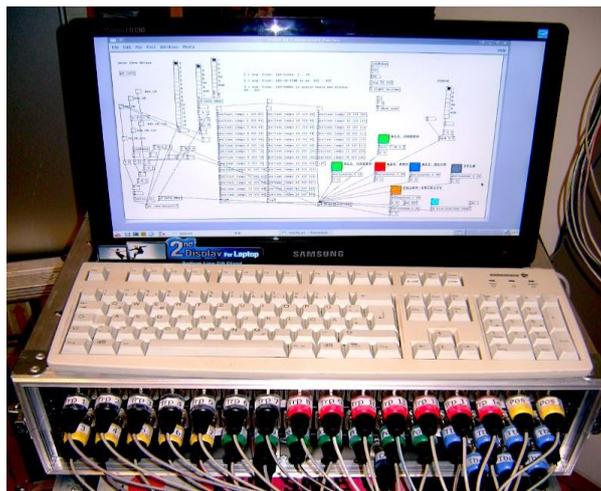
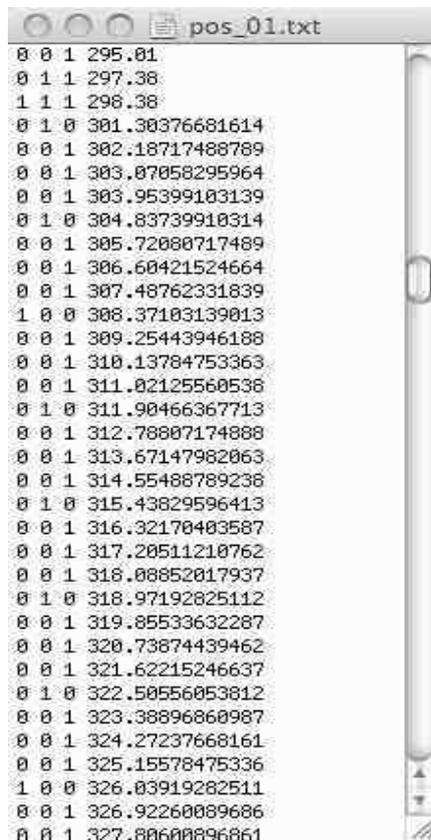


Abb.5: Computer-Konsole und Klicktrack-Steuerungskasten mit XLR-Buchsen.

3 Software

3.1 Die Steuerdateien der einzelnen Instrumente



```
0 0 1 295.81
0 1 1 297.38
1 1 1 298.38
0 1 0 301.30376681614
0 0 1 302.18717488789
0 0 1 303.07058295964
0 0 1 303.95399103139
0 1 0 304.83739910314
0 0 1 305.72080717489
0 0 1 306.60421524664
0 0 1 307.48762331839
1 0 0 308.37103139013
0 0 1 309.25443946188
0 0 1 310.13784753363
0 0 1 311.02125560538
0 1 0 311.90466367713
0 0 1 312.78807174888
0 0 1 313.67147982063
0 0 1 314.55488789238
0 1 0 315.43829596413
0 0 1 316.32170403587
0 0 1 317.20511210762
0 0 1 318.08852017937
0 1 0 318.97192825112
0 0 1 319.85533632287
0 0 1 320.73874439462
0 0 1 321.62215246637
0 1 0 322.50556053812
0 0 1 323.38896860987
0 0 1 324.27237668161
0 0 1 325.15578475336
1 0 0 326.03919282511
0 0 1 326.92260089686
0 0 1 327.80608896861
```

Die Ablaufsteuerungsdateien sind reine ASCII-Textdateien und beinhalten eine Matrix mit 4 Spalten und N Zeilen. Die Spalten sind getrennt durch ein Leerzeichen und terminiert durch einen Zeilenvorschub. Die ersten 3 Spalten zeigen den binären Zustand der LED-Anzeige (rote, grüne, blaue LED), die 1 steht für aktive LED. Die vierte Spalte zeigt den Zeitpunkt in Sekunden an, an dem der LED-Zustand beginnen soll. Die empirisch ermittelte Leuchtdauer beträgt 150 ms. Das bedeutet, dass man keine Tempi über 200 Schläge per Minute damit anzeigen soll (150 ms Leuchtdauer, 150 ms Dunkelpause). Der große Vorteil dieses einfachen Formats liegt darin, dass man es sofort versteht und dass man während der Probenzeiten sehr leicht auf jeden Zeitpunkt springen konnte.

Abb.6: Steuerungsdatei der 1. Posaune.

3.2 Steuerung des Parallelports mittels Pure-Data

Die Software-Implementierung erfolgte mittels der grafischen Programmiersprache Pure-Data. Kern des Pd-Patches sind 36 Sequenzen, gesteuert von 36 verschiedenen Ablaufsteuerungsdateien. Man stellt eine kurze Audiolatenzzeit (12 ms) ein um die zeitlichen Schwankungen der Signalausgabe am Parallelport sehr gering zu halten. Mit dem orangen „Toggle“ schaltet man den DSP ein. Der orange „Bang“ lässt alle 3 LEDs dreimal aufblitzen (bei allen 36 gleichzeitig). Der grüne „Bang“ startet die Sequenzen bei ihren individuellen Vortakt. Der rote „Bang“ stoppt die Sequenzen frühzeitig (Probe).

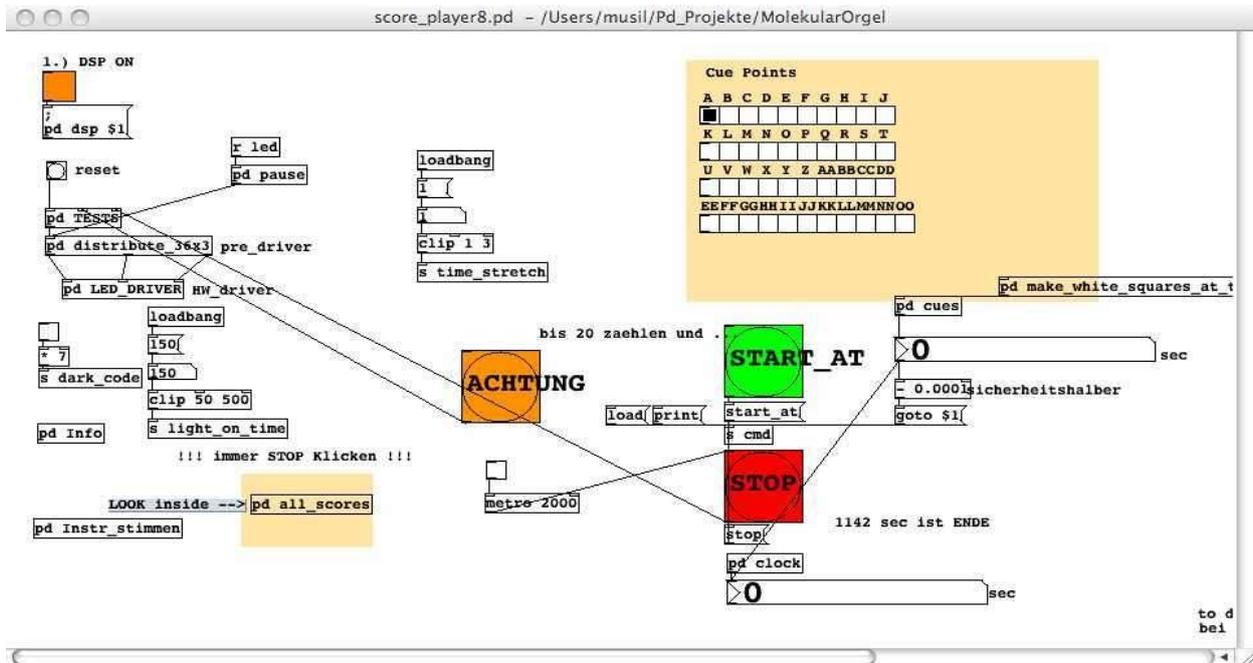


Abb.7: Programmoberfläche des Pure-Data-Patches für Klickablaufsteuerung.

4 Fotogalerie



Abb.8: Montagebeispiel der LED-Anzeige.

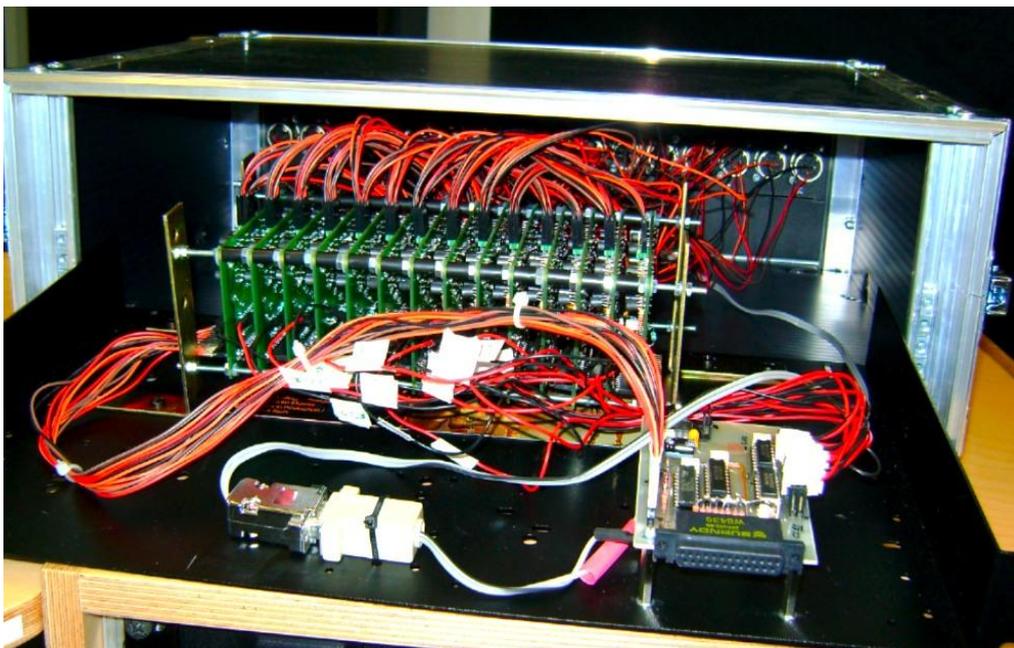


Abb.9: Geöffnete Rückansicht des Klickablaufsteuerungskasten.

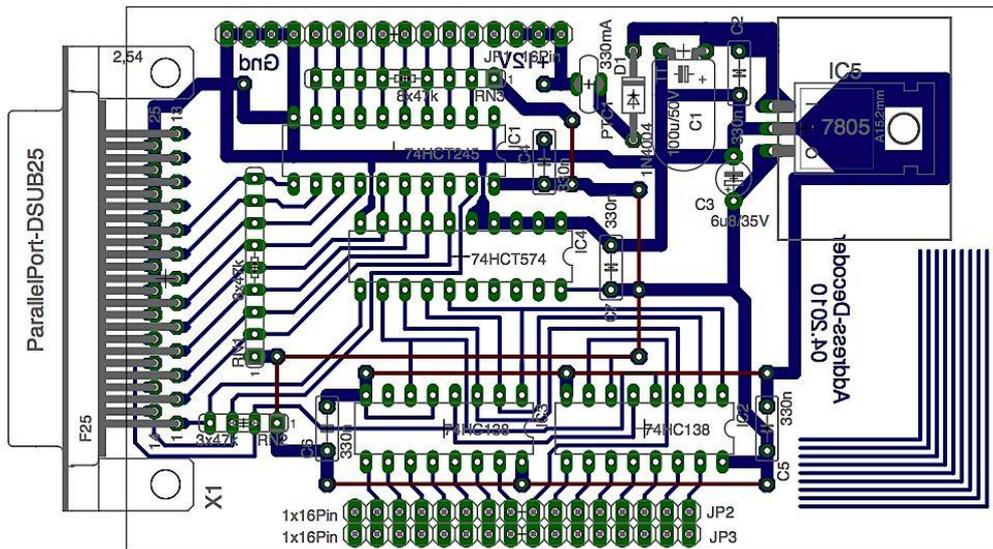


Abb.10: Printlayout des Parallelport-Adressendecoders (*single layer*).

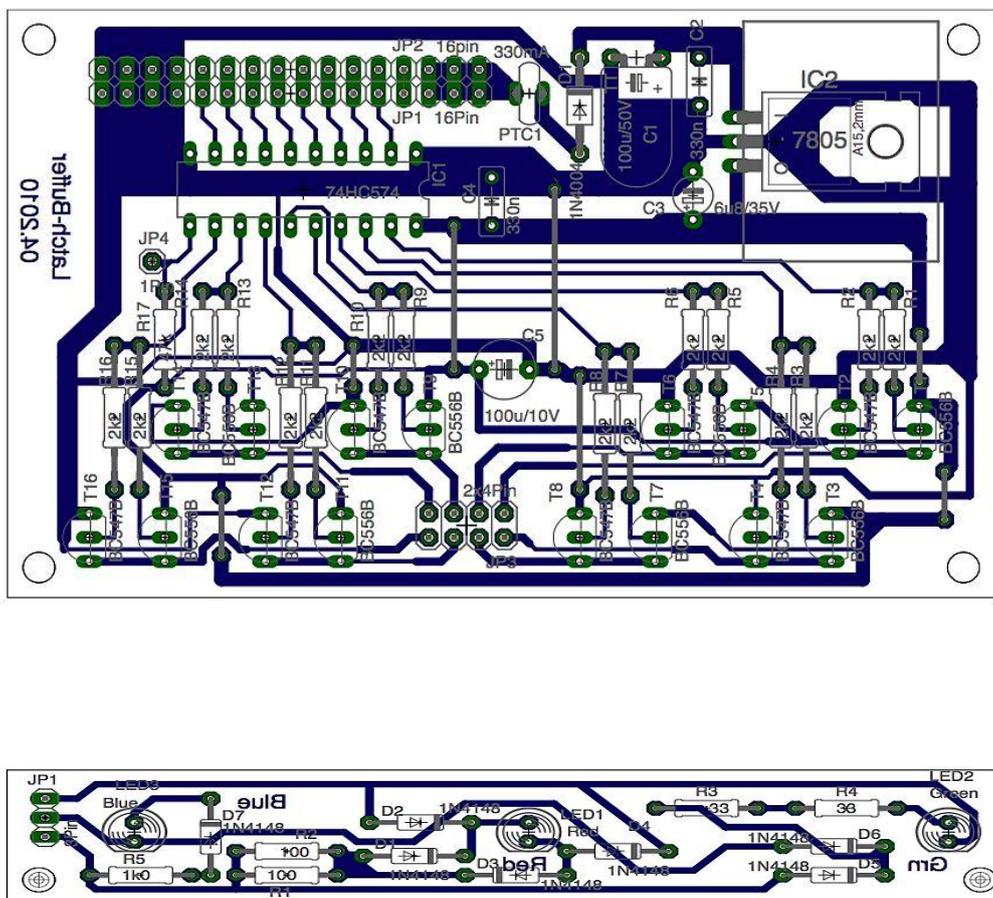




Abb.13: Robert Baumgartner, Kajsa Bostroem bei der Probenarbeit.