Sound·lab

Synthesizer-Baukasten zum Experimentieren !

Begleitbuch

Best.-Nr. 67 901

Dr. Böhm

Elektronische Orgeln im Selbstbau-System

Die Böhm.
Die Orgel,
die man
selber baut.

INHALT

Begleitbuch zu SOUND-LAB

Best-Nr. 67 901
1. Auflage

1. Allgemeine Einführung

2. Die elektronische Klanggestaltung.

a) Die Klangerzeugung

aa) Der Oszillator
ab) Exkurs: Die Spannungssteuerung
ac) Der Rauschgenerator

b) Die Klangverarbeitung

ba) Der Verstärker
bb) Der Filter
bc) Der Ringmodulator

c) Die Klangsteuerung

ca) Das Keyboard
cb) Der Hüllkurvengenerator
cc) Die Zufallsgeneratoren

3. Die Erweiterungsmöglichkeiten

4. Zusammenfassung und Übersicht

5. Spezifikationen und technische Daten

6. Zusammenstellung von Klangbeispielen

Sie erhalten hier einen Vorabdruck des Begleitbuches.
Sobald der Original-Druck vom Franzis-Verlag lieferbar ist (Mitte 1984), senden wir Ihnen gratis ein Exemplar zu.

Bitte entschuldigen Sie die Handskizzen und handschriftlichen Eintragungen. Das Original enthält selbstverständlich die fachgerechten Zeichnungen und Bilder wie auch sonst bei Böhm üblich.

1. Allgemeine Einführung

Was ist der Synthesizer überhaupt für ein Ding? Eine Maschine, ein Instrument, eine Ansammlung von elektronischen Bausteinen?

Nehmen wir die Antwort vorweg:

Er ist all das zugleich, denn es hängt letztlich nur von den Zielen desjenigen ab, der den Synthesizer bedient oder spielt oder zusammensetzt, ob es eher das eine oder das andere ist.

Wie bei jedem anderen Gerät oder Instrument (letzteres heißt nichts anderes als Gerät) liegt es ganz in der Hand des Menschen, was mit den Möglichkeiten der Technik geschieht, die zur Verfügung stehen. So wie der Hammer dem Hausbau dient, aber auch als Waffe gebraucht werden kann, so kann der Klang eines Musikinstruments ein künstlerisch hochwertiges Musikstück bereichern oder auch für primitive Klangklischees hergenommen werden. Gleiches gilt für die Welt der elektronischen Klänge, die nicht selten als unmusikalisch oder unnatürlich gebrandmarkt wurden und werden.

Genaugenommen ist der Synthesizer das Ergebnis einer Idee, nämlich der Idee des Amerikaners Dr. Robert MOOG, der mit Hilfe der elektronischen Klangerzeugung beliebige Klangstrukturen realisieren wollte. Der Musiker sollte seine persönliche Klangvorstellung und seine individuellen musikalischen Wünsche hörbar machen können. Die Grenzen der herkömmlichen musikalischen Instrumente mit ihren weitgehend unveränderlichen Klangfarben und Spieltechniken sollten überwunden werden.

Das Wort 'Synthesizer' beruht auf dem Begriff "Synthese". Es bezieht sich also auf eine zusammensetzende Tätigkeit.

Der Musiksynthesizer wurde dazu geschaffen, Klänge zusammenzusetzen, aufzubauen und zu komponieren (denn das heißt ja auch 'zusammensetzen').

Allen wichtigen musikalischen Tonparametern wie Tonhöhe, Klangfarbe, Lautstärke, Artikulation entsprechen bestimmte Synthesizerbausteine, die man Module nennt.

Module sind in sich abgeschlossene elektronische Bausteine, die technisch unabhängig von den anderen Bausteinen funktionieren.

Jedes Modul verfügt über ganz besondere Eigenschaften, die zur Klangestaltung in beliebiger Weise kombiniert werden können, um immer wieder neue, originelle Klangstrukturen zu realisieren.

Der Tongenerator erzeugt Schwingungen mit verschiedenen Frequenzen, die man als Tonhöhen empfindet, der Filter beeinflußt die Form und damit die Teiltonstruktur der Schwingung, die als Klangfarbe eines Tons wahrgenommen wird und der Verstärker bestimmt die dynamischen Verhältnisse, die in uns Lautstärkeempfindungen auslösen.

Die verschiedensten Steuereinrichtungen (Tastatur, tieffrequente Oszillatoren, Hüllkurvengeneratoren u.a.m) werden dann zu einer Vielzahl klangmodulatorischer Effekte (Vibrato, Tremolo, Wahwah-Effekte, Ein- und Ausschwingvorgänge usw.) sowie zur individuellen Ton- und Geräuschbildung herangezogen (vgl. Abb.1).

Synthesizermodul	physikalisches Klangergebnis	hervorgerufene Klangempfindung	
Tongenerator	Periodische Schwingungen	Tonhöhen	Klang-erzeugung
Rauschgenerator	Aperiodische Schwingungen	Geräusch, Rauschen	
Filter	Teiltonspektrum	Klangfarbe	Klangver-arbeitung
Verstärker	Amplitude	Lautstärke	
Steuereinrich-tungen	Programmierung, Steuerung und Speicherung von Spannungen	Tongebung, Artiku-lation, musikali-sche Abläufe, kom-plexe Strukturen	Klang-steuerung

Abb.1

Das Prinzip der Spannungssteuerung spielt dabei eine entschei-dende Rolle.

Alle wichtigen Eigenschaften der Synthesizermodule können näm-lich nicht nur von Hand geregelt werden, sondern sind darüber hinaus auch durch angelegte Spannungen veränderbar.

Entsprechen alle Spannungen, die Steuer- wie die Audiospannun-gen, genau dem zugehörigen Klangprodukt, so spricht man von ei-nem analogen Synthesizer. (Im Gegensatz hierzu ist die digitale Elektronik dadurch gekennzeichnet, daß sie alle Signale in kleinste Stücke zerlegt, die dann in Form von Zahlenwerten wei-ter verarbeitet werden. Am Schluß muß ein Digital/Analog-Kon-verter die Zahlenwerte wieder in ein analoges Signal verwan-deln, da das menschliche Ohr natürlich "analog" hört.)

Erst das Prinzip der Spannungssteuerung ermöglicht es, die Syn-thesizerbausteine beliebig miteinander zu kombinieren. Es er-laubt die Programmierung von Klangprozessen und gestattet sogar deren Speicherung etwa durch den Anschluß eines Sequencers oder eines Computers.

Anschaulich kann man sich den Musiksynthesizer daher als eine Art "Klangbaukasten" vorstellen, als ein Klanglaboratorium. Die davon abgeleitete Bezeichnung "Soundlab" soll diese Vorstellung unterstreichen.

Verzichtet man auf vordergründige, naive Klangeffekthascherei, so wird der Synthesizer zu einem vollwertigen Musikinstrument, ein Instrument, das im Geschichtsbuch der Instrumentenkunde wahrscheinlich ein entscheidendes Kapitel schreiben wird.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind auch für den professionellen Synthesisten kaum überschaubar; sie reichen vom elektronischen Keyboard mit Orgel-, Geigen- oder Pianoklängen bzw. neuen selbstgefundenen Sounds über die Speicherung von Klängen und ganzen Melodiefolgen zum automatischen 'Musizieren' bis hin zur Vertonung von Filmen oder Dias mit phantastischen oder imitierten Geräuschen.

Der Synthesizer kann die Klänge anderer Instrumente verfremden und er kann umgekehrt von jedem Instrument aus gespielt werden, so daß nicht nur der Tastenkundige, sondern jeder Musiker ihn für musikalische Zwecke verwenden kann.

Die mögliche Speicherung von Klängen oder kompletten Musikstükken gestattet ein automatisches 'Musizieren', was eine große Hilfe für einen Arrangeur oder Komponisten sein kann, oft allerdings auch zur Vortäuschung eines Live-Spiels genutzt wird, da das Publikum die technischen Bedingungen nicht durchschaut.

Die elektronisch instrumentierte Bach-Fuge kann ebenso realisiert werden wie die vieldiskutierten Klangexperimente der elektronischen Avantgarde unter den zeitgenössischen Komponisten.

Ein Unmenge von Produktionen der Pop-, Rock- und Jazzmusik ist durch elektronisch erzeugte oder verarbeitete Klänge gekennzeichnet. Kaum ist eine Gruppe noch ohne Synthesizereinsatz vorstellbar. Rein elektronisch erzeugte Rockmusik findet ein erstaunliches Echo.

Allein die Vielfalt der Synthesizerbezeichnungen (Analog- und Digitalsynth., Modulsynth., Presetsynth., Stringssynth., Leadsynth., Gitarrensynth., Baßsynth., Drumsynth. usw.) zeugt von dem breiten Anwendungsfeld, aber auch von dem großen Durchbruch dieses Instruments binnen eines Jahrzehnts.
Weder der musikalisch interessierte Laie oder musikelektronisch begeisterte Hobbyist, noch der professionelle Musiker, Komponist, Tonmeister oder Musikpädagoge kann an der Tatsache vorbeigehen, daß der Musiksynthesizer und die mit ihm gekommenen elektronischen Geräte bis hin zum Computer die musikalische Klangwelt bereits grundlegend verändert haben und weiter verändern werden.

Diese Anleitung soll nun helfen, einen ersten Einstieg in die Gesetze musikelektronischer Klanggestaltung zu ermöglichen.

Dazu eignet sich ein Modulsynthesizer aufgrund der beschriebenen Funktionsweise des Klangbaukastens in ganz besonderer Weise. Die Klangentstehung oder Klangformung kann jeweils auf elementare musikakustische Vorgänge zurückgeführt werden, die wiederum bestimmten Bausteinen des Synthesizers zugeordnet werden

können. Das Zusammenwirken der einzelnen Faktoren, die zu einem ganz bestimmten Klang führen, kann daher verhältnismäßig leicht durchsichtig gemacht werden.

Optimal können auch mit Hilfe eines Modulsynthesizers die Gesetzmäßigkeiten grundlegender musikakustischer oder musikpsychologischer Vorgänge analysiert werden; besonders eindrucksvoll ist aber auch das Zusammenwirken der klanglichen und musikalischen Elemente beim Klangexperiment, bei einer Klangverfremdung oder Klangimitation darstellbar.

Und es ist durchaus vorstellbar, daß die gewonnenen Kenntnisse eine intensive musikalische Beschäftigung mit dem Musiksynthesizer bewirken, die schließlich zur Realisation einer individuell gestalteten elektronischen Komposition oder Improvisation führen können.

Die Einsatzbereiche des Synthesizers erstrecken sich von der Beantwortung akustisch-physikalischer Grundfragen über medientechnische Anwendungen bis hin zur künstlerisch-musikalischen Betätigung.

Das eigentlich faszinierende Moment des Synthesizers liegt zweifelsohne in der eigentümlichen Verquickung von naturgesetzlich bestimmten elektronischen Techniken und kreativen, musikalisch-schöpferischen Eigenschaften. Der Synthesizer, der gleichermaßen ein technisch moderner elektronischer Apparat als auch ein vielseitiges, flexibles Musikinstrument ist, setzt eine ungeheure Palette individueller klanglicher und musikalischer Gestaltungsmöglichkeiten frei, wenn der musizierende Mensch sie zu nutzen versteht.

Alle angeführten Klangbeispiele, alle genannten Informationen zu den zugrundeliegenden musikakustischen und musikelektronischen Vorgängen, können verständlicherweise nur einen ersten Eindruck der letztlich unendlichen Vielfalt aller möglichen Klangkombinationen des Musiksynthesizers geben. Sind die grundlegenden Zusammenhänge jedoch erst verstanden, ist es an sich kein Problem mehr, die erworbenen Kenntnisse anzuwenden, zu erweitern und sich das gesamte zur Verfügung stehende elektronische Klangmaterial zu eigen zu machen.

Auf eine eingehende Behandlung physikalischer Aspekte wurde verzichtet, da diese für den musikalischen Einsatz eines Synthesizers nicht unbedingt entscheidend sind und gelegentlich eher abschreckend wirken. (Wer Klavier spielen lernt, benötigt diese Kenntnisse offenbar auch nicht, obwohl die akustischen Gesetzmäßigkeiten des Klavierklangs eher noch komplizierter als die des Synthesizers sind.)

Die vielen englischsprachigen Begriffe der Synthesizertechnik sind dagegen bewußt nicht ausgeklammert worden, da sie - wie ehedem die italienischen Bezeichnungen der Musik - bereits als fester Bestand der musikalischen Fachsprache betrachtet werden müssen.

Eine deutsche Übersetzung der Begriffe würde den bereits bestehenden Tatsachen nicht gerecht.

Natürlich werden alle wichtigen Fachwörter aufgezeigt und erklärt.

2. Die elektronische Klanggestaltung

a. Die Klangerzeugung

aa) *Der Oszillator*

Das Herz jedes elektronischen Musikinstruments ist der Oszillator (lat. oscillare = schwingen) oder Tongenerator (generare = erzeugen). Er bewirkt das Gleiche wie die Saite einer Geige oder die Luftsäule einer Flöte, er erzeugt Schwingungen, die wir als Töne wahrnehmen, wenn sie an unser Ohr dringen.

Allerdings werden bei der Geige, der Flöte, der Trommel usw. durch das Streichen des Geigenbogens, durch das Anblasen des Mundlochs einer Flöte bzw. durch Trommelschlag mechanische Schwingungen hervorgerufen, d.h., ein bestimmtes Material, die Saiten, die Luftsäule, das Trommelfell, gerät selbst in Schwingung.

Hingegen erzeugt man die Schwingungen eines Oszillators mit einem rein elektronisch arbeitenden Schwingkreis. Sie werden dann verstärkt und von einem Lautsprecher in mechanische Schwingungen einer Membran umgewandelt und dadurch an die uns umgebende Luft weitergegeben.

Der Mensch kann nur dann etwas hören, wenn es die Schwingungen der Luft an unser Ohr übertragen. Das Ohr verwandelt diese Schwingungen dann in nervöse Impulse, die das menschliche Gehirn als Töne, Klänge und Geräusche begreift.

Was ist nun eine Schwingung?

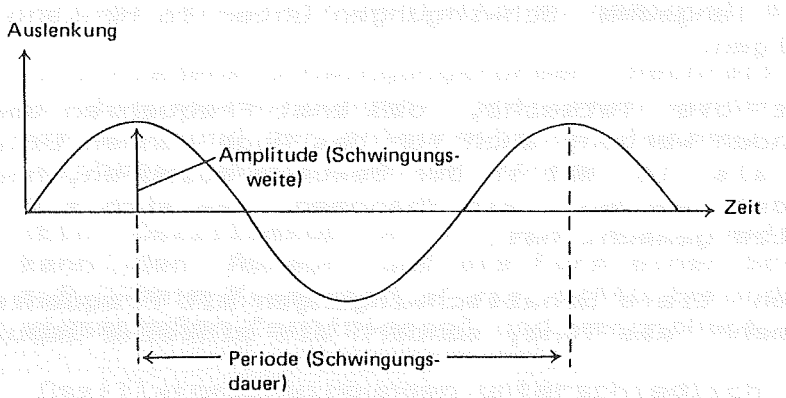
Daß sich immer etwas bewegt, eine Saite, eine Luftsäule, die Membran eines Lautsprechers oder die elektrischen Spannungen eines Schwingkreises, ist wahrscheinlich schon deutlich geworden.

Wiederholen sich diese Bewegungen regelmäßig, spricht man von einer periodischen Schwingung. Alle klar unterscheidbaren Töne eines Klaviers, einer Geige, einer gesungenen Melodie usw. rühren von periodischen Schwingungen her, natürlich auch die Töne eines Oszillators, die der Lautsprecher hörbar macht. (Abb. 2)

Ein musikalischer Ton ist nun durch verschiedene Größen gekennzeichnet, die charakteristische klangliche Auswirkungen verursachen.

Ein wenig vereinfacht ausgedrückt, kann man sagen, daß für jede dieser Größen ein bestimmter Synthesizerbaustein verantwortlich ist.

Die wohl wichtigste Größe ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, die Frequenz , die man als Tonhöhe wahrnimmt. Die Frequenz eines Tons wird in Hertz (Hz) angegeben.



Sinusschwingung

- Amplitude nennen wir die größte Auslenkung, gemessen von der Ruhelage aus. (Die Amplitude bestimmt die empfundene Lautstärke)

- Periodendauer (oft Periode genannt) bezeichnet den Zeitabschnitt, nach dem sich die Kurvenform wiederholt

- Frequenz ist die Anzahl der Perioden, die während einer Sekunde ablaufen (Frequenz bestimmt die empfundene Tonhöhe).

Abb. 2 Die Sinusschwingung

Sie beträgt beispielsweise für den berühmten Kammerton a', der als Ausgangspunkt zum Stimmen aller Instrumente genormt ist, genau 440 Hz. D.h, die zum Ton 'eingestrichenes a' (= a') gehörenden Saiten eines Klaviers schwingen in jeder Sekunde genau 440 mal hin und her.

Die Schnelligkeit der Schwingungen verhindert verständlicherweise, daß die Schwingungen einer Saite beobachtet werden können. Nur sehr langsame Schwingungen unter 16 Hz kann man mit den Augen verfolgen.

Interessant ist die Tatsache, daß erst Frequenzen über 16 Hz als Töne empfunden werden; auch für das Auge können Bildfolgen, die schneller als 16 mal in der Sekunde ablaufen, nicht mehr einzeln aufgelöst werden, ein Phänomen, das sich z.B. der bewegte Film zunutze gemacht hat.

Umgekehrt werden tiefe Schallschwingungen mit Frequenzen unter 16 Hz nicht mehr als Töne, sondern als einzelne Impulse oder Knacke gehört.

Die höchsten Frequenzen, die der Mensch wahrnehmen kann, liegen etwa bei 20 000 Schwingungen pro Sekunde (20 000 Hz = 20 KHz), sofern er noch sehr jung ist. Denn mit zunehmendem Alter nimmt das Hörvermögen für sehr hohe Frequenzen nämlich ab. Für das Hören von Musik und Sprache sind Frequenzen über 8 - 10 000 Hz allerdings nicht von entscheidender Bedeutung.

Sehr tiefe Töne - im Bereich von 16 bis etwa 100 Hz - können nur mit einigem Aufwand befriedigend wiedergegeben werden.

Man benötigt große Instrumentenkörper, z.B. riesige Orgelpfeifen oder große Lautsprecher, damit die tiefen Frequenzen voll zur Geltung kommen.

Der Oszillator eines Synthesizers kann Frequenzen des gesamten Audiospektrums, d.i. der hörbare Frequenzbereich, erzeugen.

(Allerdings sind nicht alle Lautsprecher in der Lage, diese wirklich wiederzugeben. Das oilt natürlich auch für den kleinen Kontrollautsprecher des Soundlab-Synthesizers.)

Überzeugen wir uns nun von dem großen Frequenzumfang des Oszillators.

Zunächst schließen wir den Oszillator an das Verstärkermodul (Amp) (oder an eine eigene Verstärkeranlage) an, so daß die elektronisch erzeugte Schwingung hörbar werden kann. Dazu muß der Oszillator nicht etwa eingeschaltet werden, denn er erzeugt fortwährend eine Schwingung, sobald der Synthesizer mit der Netzspannung verbunden wird. Der Oszillator eines Synthesizers wird üblicherweise VCO genannt; das sind die Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnung V oltage C ontrolled O scillator. Die Bedeutung dieser Benennungsform wird später noch genauer erklärt.

Mit Hilfe eines Kabels, Patchcord genannt, verbinden wir einen Ausgang (Out) des Oszillators mit dem Eingang 'Audio in' des Verstärkers. Mit dem danebenliegenden 'Level'-Regler können wir die Lautstärke des Klangsignals regeln, das wir entweder mit

einem Kopfhörer (Headphones) oder dem Lautsprechermodul des Soundlab-Systems abhören können.
(Abb.3)

(Eine eigene Verstärkeranlage, z.B. einen Gitarrenverstärker, muß an dem Line-Ausgang des Amp-Moduls angeschlossen werden. Man sollte keine HiFi-Anlage dazu einsetzen, da HiFi-Lautsprecher nicht zur Wiedergabe von Instrumentaltönen geeignet sind.)

Es können verschiedene Schwingungsformen (Rechteck-, Sägezahn-, Dreieck- und Sinusschwingungen) entnommen werden. Ihren Namen erhielten sie aufgrund der entsprechenden Formen, die auf einem Oszilloskop sichtbar gemacht werden können.

(Ein Oszilloskop wirkt wie ein Zeitmikroskop; es kann den Ablauf und die Form einer Schwingung, die z.B. beim Kammerton a' nur 1/440 Sekunde dauert, gewissermaßen "einfrieren" und vergrößert abbilden.)

Warum die Oszillatorschwingungen unterschiedlich klingen, wird an anderer Stelle ebenfalls noch genauer erklärt. Ihre Frequenz ist jedoch immer gleich. Der Range-Schalter (Bereichswähler) sollte zunächst auf 'High' (= hoch) gestellt werden. Der entsprechende Drucknopf darf also nicht gedrückt sein.

Die Frequenz des Oszillators kann über einen weiten Bereich mit dem Coarse-Regler (Grobeinstellung) verändert werden.

Es lassen sich sowohl höchste Frequenzen, die bereits unangenehm zu pfeifen beginnen, als auch tiefe sonore Baßtöne, die den wiedergebenden Lautsprecher stark belasten, einstellen.

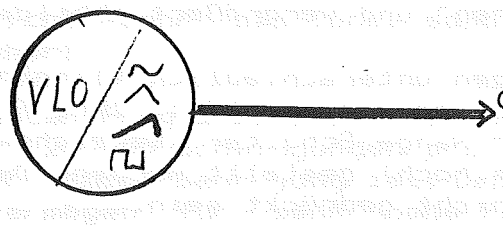
Mit dem Fine-Regler (Feineinstellung) kann man die Frequenz - etwa zum Stimmen des Oszillators - sehr präzise justieren.

Um Schwingungen zu erzeugen, deren Frequenzen jenseits der unteren Hörgrenze liegen, muß der Frequenzbereich des Oszillators mit dem Range-Schalter auf 'Low' (= tief) umgeschaltet werden.

In dieser Schalterstellung funktioniert er als sogenannter LFO (engl. L ow F requency O scillator = Tieffrequenzoszillator).

Als LFO ist er allerdings weniger zur Erzeugung von Tönen als vielmehr zu bestimmten Steuerungsvorgängen geeignet, deren Sinn später noch genauer erläutert wird.

Im Vergleich mit anderen Instrumenten bietet der Oszillator eines Musiksynthesizers einen erheblich größeren Frequenzbereich. Während ein Flügel etwa einen Tonumfang von 7 Oktaven aufweist, eine Orgel sogar über 10 Oktaven verfügt, bietet der Soundlab-Synthesizer einen Frequenzbereich von ca. 1/10 Hz (d.h. eine Schwingung dauert 10 Sekunden) bis über 20 000 Hz. Das sind zusammen etwa 18 Oktaven! Alle anderen Instrumente erklingen dagegen in einem vergleichsweise kleinen Frequenzbereich von 2-5 Oktaven.
(Abb.4)



Out = Verstärkermodul
oder externe Verstärkeranlage

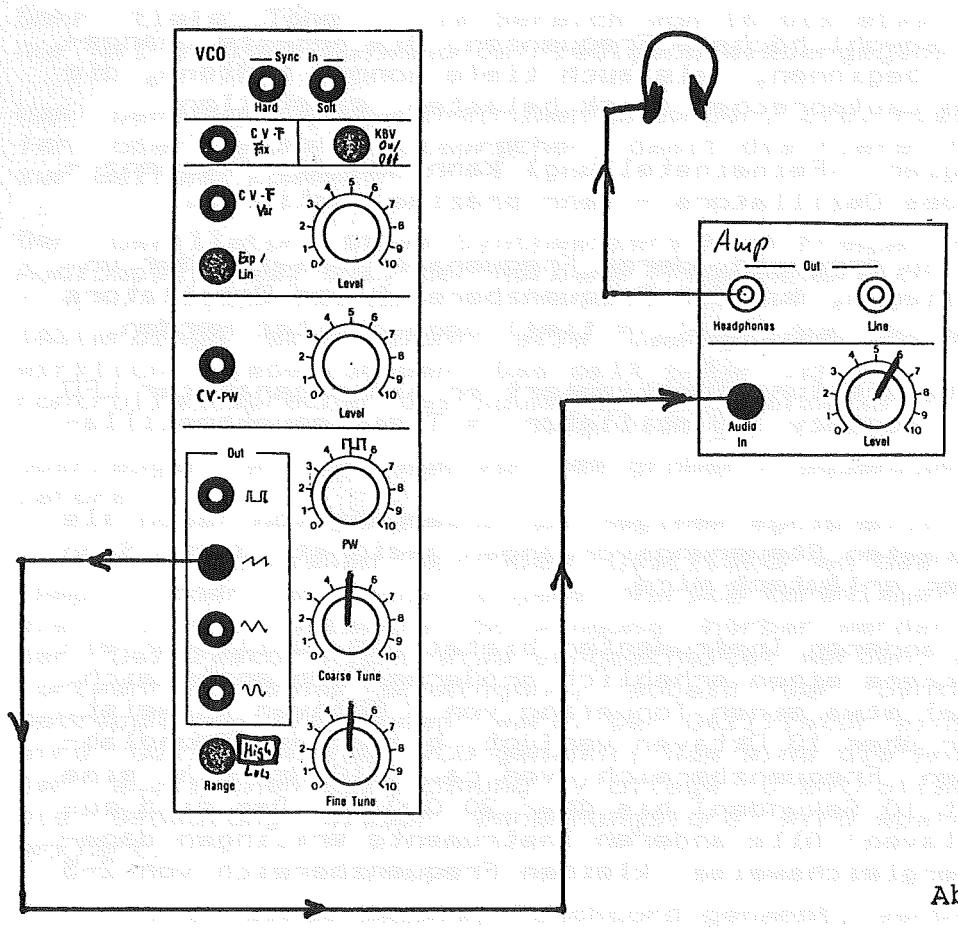
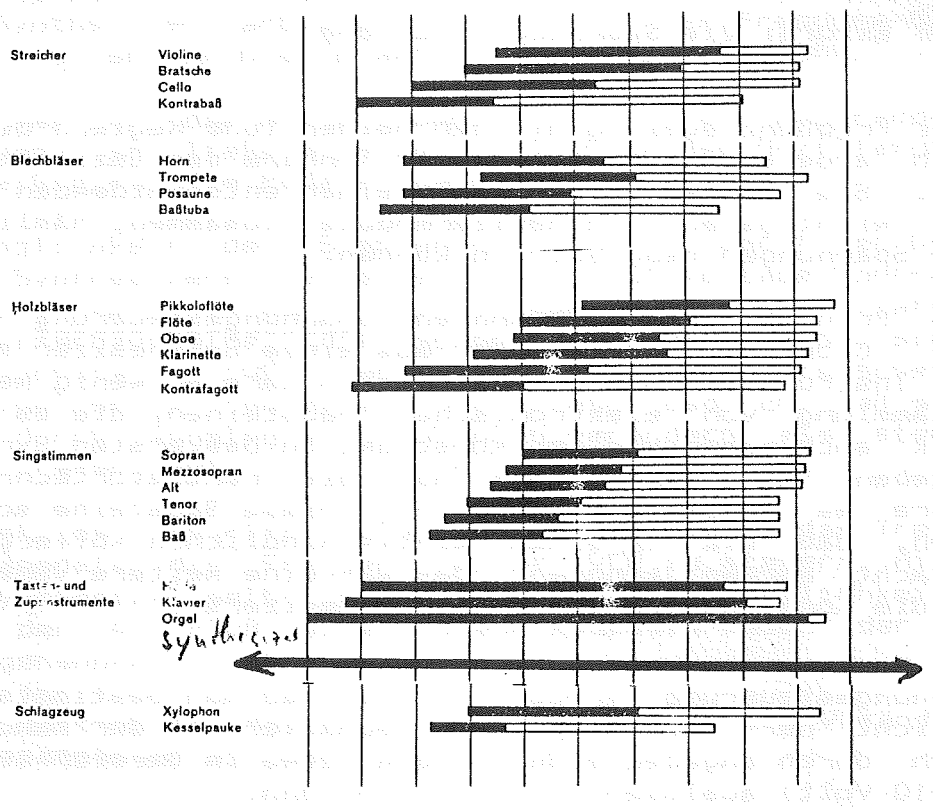


Abb. 3



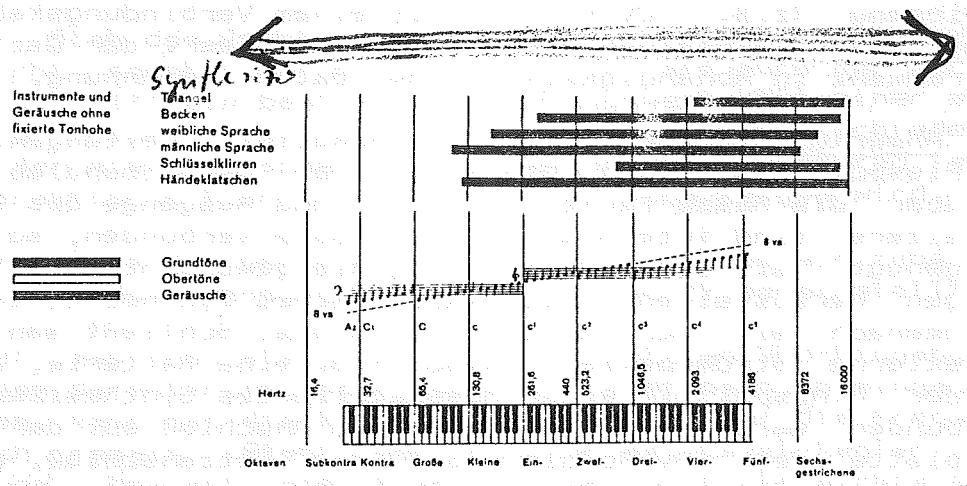


Abb. 4 Der Tonumfang verschiedener Instrumente

ab) Exkurs: *Die Spannungssteuerung*

Neben der Frequenzregelung mit den beiden Tune-Reglern bestehen aber noch andere Möglichkeiten, die Tonhöhe des Oszillators zu verändern. Sie hängen allesamt mit einer entscheidenden Fähigkeit der wichtigsten Synthesizermodule zusammen, nämlich auf angelegte Spannungen reagieren zu können.

Erst das Prinzip der sogenannten Spannungssteuerung (engl. Voltage Control = VC) macht aus einem Synthesizer ein besonderes Instrument. Ohne dieses Prinzip wäre er wenig mehr als eine Ansammlung von elektronischen Bausteinen, die es in der Meßtechnik auch schon vor der Konstruktion des ersten Synthesizers gegeben hat. (Allerdings hat die Transistortechnik der 60er Jahre es erstmals ermöglicht, diese Bausteine so klein aufzubauen, daß sie in einem relativ handlichen Koffergehäuse untergebracht werden konnten. Das war eine weitere Voraussetzung für die Konstruktion des Musiksynthesizers.)

Die Spannungssteuerung ermöglicht es, daß man bestimmte Funktionen nicht nur über Regler oder Schalter mit der Hand, sondern auch durch angelegte Spannungen (etwa im Bereich zwischen +10 und -10 Volt) auslösen oder steuern kann.

Führt man z.B. einem entsprechenden Eingang, einem Spannungssteuereingang (z.B. 'CV-F Fix) mit einem Verbindungskabel die Spannung einer einfachen Batterie zu, so ändert der Oszillator seine Frequenz in Abhängigkeit von der Batteriespannung.

> Anmerkung :Jeder Stromkreis benötigt 2 Leitungen, einen Pluspol und einen Minuspol, der beim Soundlab System über die Masse läuft. Alle Ein- und Ausgänge des Synthesizers sind intern schon über Masse verbunden, so daß es genügt, mit einer Plusleitung die gewünschten Verbindungen herzustellen. Die Kabel eines Synthesizers kommen demnach mit nur einer Leitung aus. Schließt man jedoch externe Stromquellen, also z.B. eine Batterie, an, muß der Minuspol mit einer Massestelle des Synthesizers verbunden werden. Dazu dient ein Anschluß auf der Frontplatte des KBV-Moduls über dem Netzanschluß, gekennzeichnet durch das Symbol ⏚ .

Ein Beispiel : Wenn wir den Oszillator auf den Kammerton a' (= 440 Hz) eingestellt haben, so würde er bei einer zugeführten Spannung von +1 Volt das nächsthöhere a (a'' = 880 Hz) erzeugen, d.h. pro Volt ergibt sich immer ein Oktavsprung. (Eine Oktave entspricht einem Frequenzverhältnis von 1:2).

Beim Anschluß von +2 Volt springt der Oszillator zwei Oktaven aufwärts (von a' zu a''' mit 1760 Hz). (Eine Batteriespannung mit 1.5 Volt erzeugt ein Intervall (= Abstand zwischen zwei Tönen) von anderthalb Oktaven (also von a' zu dis'', Oktave plus übermäßige Quarte).

Vertauscht man die Batteriepole, ergibt sich für den Oszillator eine Minusspannung, so daß er in entsprechender Weise nach unten springt. Ändert sich die Frequenz in Oktavschritten pro

Volt, spricht man von einer 1 V/Okt.-Charakteristik. Die meisten Synthesizer arbeiten heute mit diesem Frequenz-Spannungsverhältnis, so daß hier praktisch eine Norm besteht.

Würde man an dem Steuerspannungseingang ein Fahrraddynamo anschließen, so ließe sich an der Tonhöhe des Oszillators hören, wie fleißig man die Pedale treten kann.

Die Möglichkeit der Spannungssteuerung macht den Oszillator eines Synthesizers zu einem VCO , zum Voltage Controlled Oscillator, zu deutsch, 'spannungsgesteuerter Oszillator'. Alle Synthesizerbausteine, die spannungssteuerbar sind, sind an den Zusatzbuchstaben 'VC-' erkennbar. Ein VCO unterscheidet sich also von einem 'normalen' Oszillator dadurch, daß seine Frequenz durch angelegte Spannungen verändern, also steuern bzw. kontrollieren läßt.

Nun ist es natürlich relativ mühselig, durch das Treten eines Fahrradpedals die Frequenz eines VCO zu steuern. Hier bietet der Synthesizer selbst erheblich elegantere Möglichkeiten, z.B. durch den Anschluß eines Steuerknüppels neben der Tastatur, dem sogenannten Joystick.

Es handelt sich dabei um ein Modul, daß die Veränderung von Steuerspannungen mit der Hand gestattet.

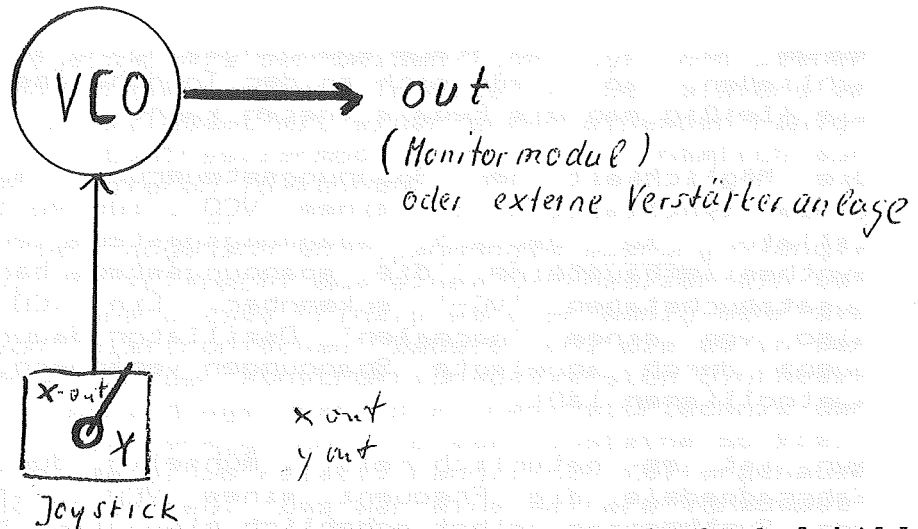
Ein Joystick ist in der Lage, gleichzeitig zwei Spannungen abzugeben, die außerdem kontinuierlich verändert werden können.

Da der Stab des Joystick sich in alle Richtungen bewegen läßt, entspricht sowohl der horizontalen (X) als auch der vertikalen Auslenkung (Y) ein bestimmter Spannungswert. Mit einer einzigen Bewegung lassen sich also gleichzeitig zwei verschiedene Vorgänge der elektronischen Klangerzeugung kontrollieren, eine äußerst praktische Einrichtung, wie sich noch zeigen wird.

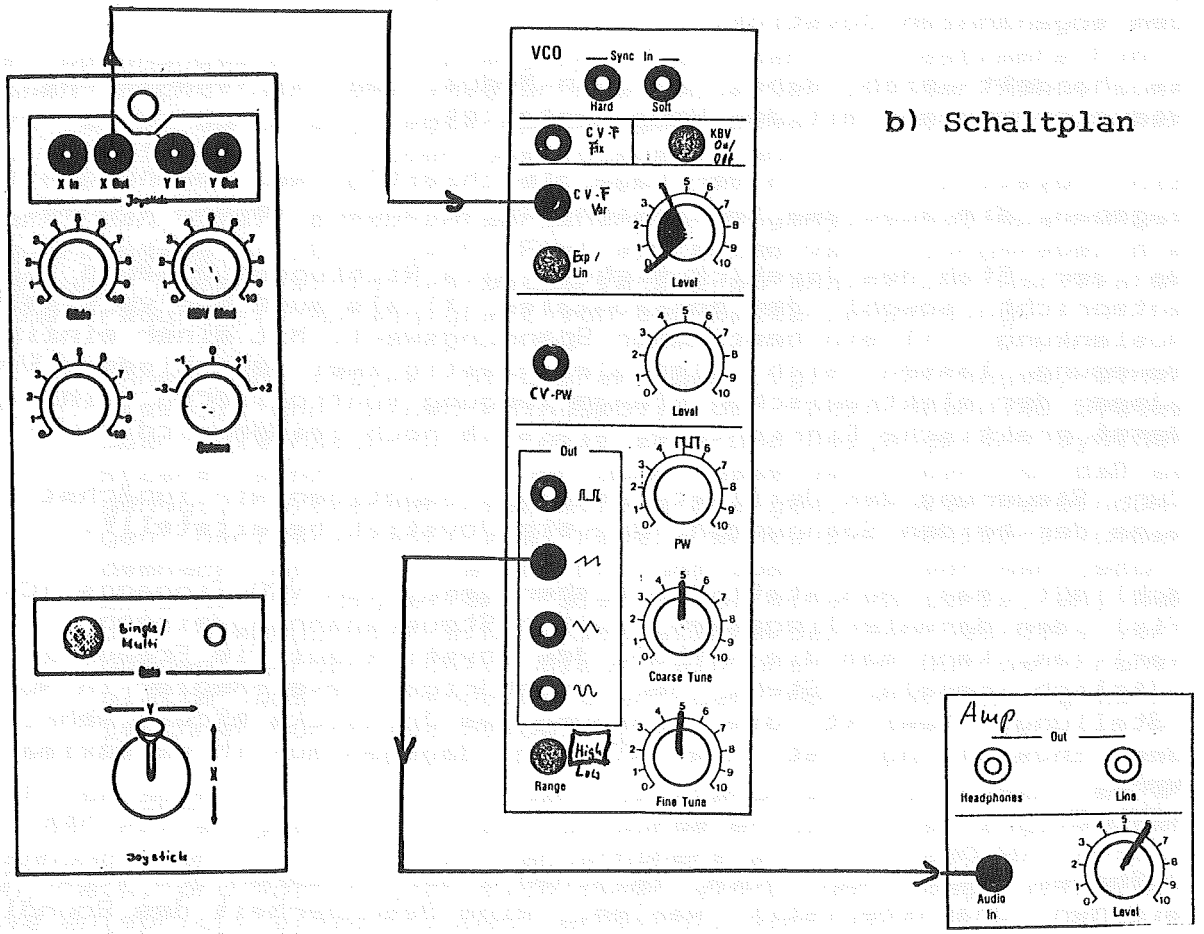
Zur Steuerung der Oszillatorfrequenz benötigen wir zunächst nur eine der beiden Spannungen, die ein Joystick bereitstellt.

Schließt man nun statt des bisher genutzten VCO-Eingangs (CV-F Fix) den darunterliegenden zweiten Steuerspannungseingang (CV-F Var) an, kann man die Wirkung des Joystick auf die Frequenz zusätzlich regeln. Steht der zugehörige Level-Regler in Null--Stellung, bewirkt die Spannung des Joysticks nichts mehr, in der Endstellung ist die Wirkung dagegen auf ihrem maximalen Wert.
(Abb.5)

Außerdem kann man noch zwischen einer linearen und logarithmischen Charakteristik wählen, eine Besonderheit des Soundlab Systems. Während bei der Einstellung auf 'Lin' die Frequenz in einem geraden Verhältnis von der Steuerspannung abhängt, steigt sie in der Stellung 'Log' mit zunehmender Spannung immer stärker - einer exponentiellen Kurve entsprechend - an.
(Abb.6)

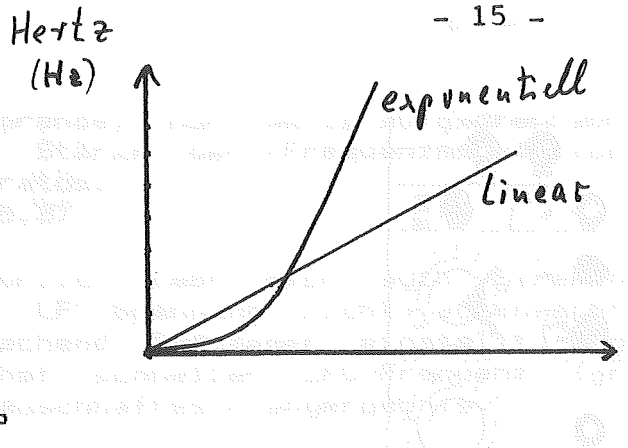


a) Blockschaltbild



b) Schaltplan

Abb. 5 Joysticksteuert VCO



Darstellung des linearen u. exponentiellen Frequenz-Spannungsverhältnis bei der Spannungssteuerung eines Oszillators

Abb.6

Durch einfaches Ausprobieren erhält man schnell einen Eindruck von der unterschiedlichen Arbeitsweise des Steuerspannungseingangs.

Je nach Stellung von Regler und Schalter können durch entsprechende Betätigung des Joystick Sirenenklänge, aber auch belebende Vibratoeffekte erzielt werden. Während ein Sirenengeheul aufgrund einer großen Frequenzmodulation zustandekommt, wird das Vibrato dann als optimal empfunden, wenn nur eine kleine Frequenzschwankung etwa 6-7 mal in der Sekunde (= 6-7 Hz) erfolgt.

Steuert man zwei Oszillatoren mit einem Joystick (z.B. VCO 1 mit 'X Out', VCO 2 mit 'Y Out'), dann lassen sich mit einer Handbewegung gleich zwei verschiedene, voneinander unabhängige Tonbewegungen erzeugen. Dazu müssen die Ausgänge der beiden VCOs allerdings erst zum Mischmodul (Mixer) geführt werden, da man am Amp-Modul nicht gleichzeitig zwei Tonsignale anschließen sollte. Man benötigt jetzt also insgesamt 5 Kabel:

2 Kabel, die vom Joystick zu den Steuerspannungseingängen der beiden Oszillatoren führen, 2 Kabel, die die VCO-Ausgänge mit den Eingängen des Mixer-Moduls ('Fix In', 'Var In') verbinden, und ein letztes Kabel, das den Mixer-Ausgang (Out) zum Amp, dem Verstärkermodul (Audio In), führt.

(Abb.7)

Aber auch wenn einemein schönes Vibrato durch die rasche Bewegung des Joystick gelingen sollte, ist es häufig sinnvoll, ein Vibrato automatisch zu erzeugen, so daß man sich auf andere musikalische Vorgänge konzentrieren kann.

Das wird durch die Steuerung der Oszillatorfrequenz mit einem anderen, besonders langsam schwingenden Oszillators, dem LFO (engl. L ow F requency G enerators = Tieffrequenzoszillator) erreicht. Zwar kann jeder VCO des Soundlab-Systems ebenfalls als LFO arbeiten - genauer ist dann die Bezeichnung VC-LFO, da er ja spannungsgesteuert werden kann -, jedoch steht ein einfacher, nicht spannungssteuerbarer LFO zur Verfügung, der für viele klangmodulatorische Zwecke bereits ausreicht.

Um ein gut klingendes Vibrato zu erzeugen, legt man die Dreieckschwingung des LFO auf den regelbaren CV-F-Eingang (Var) des VCOs. Die LFO-Frequenz (Speed-Regler) gibt jetzt die Schnelligkeit des Vibratos an, der zum benutzten Steuerspannungseingang

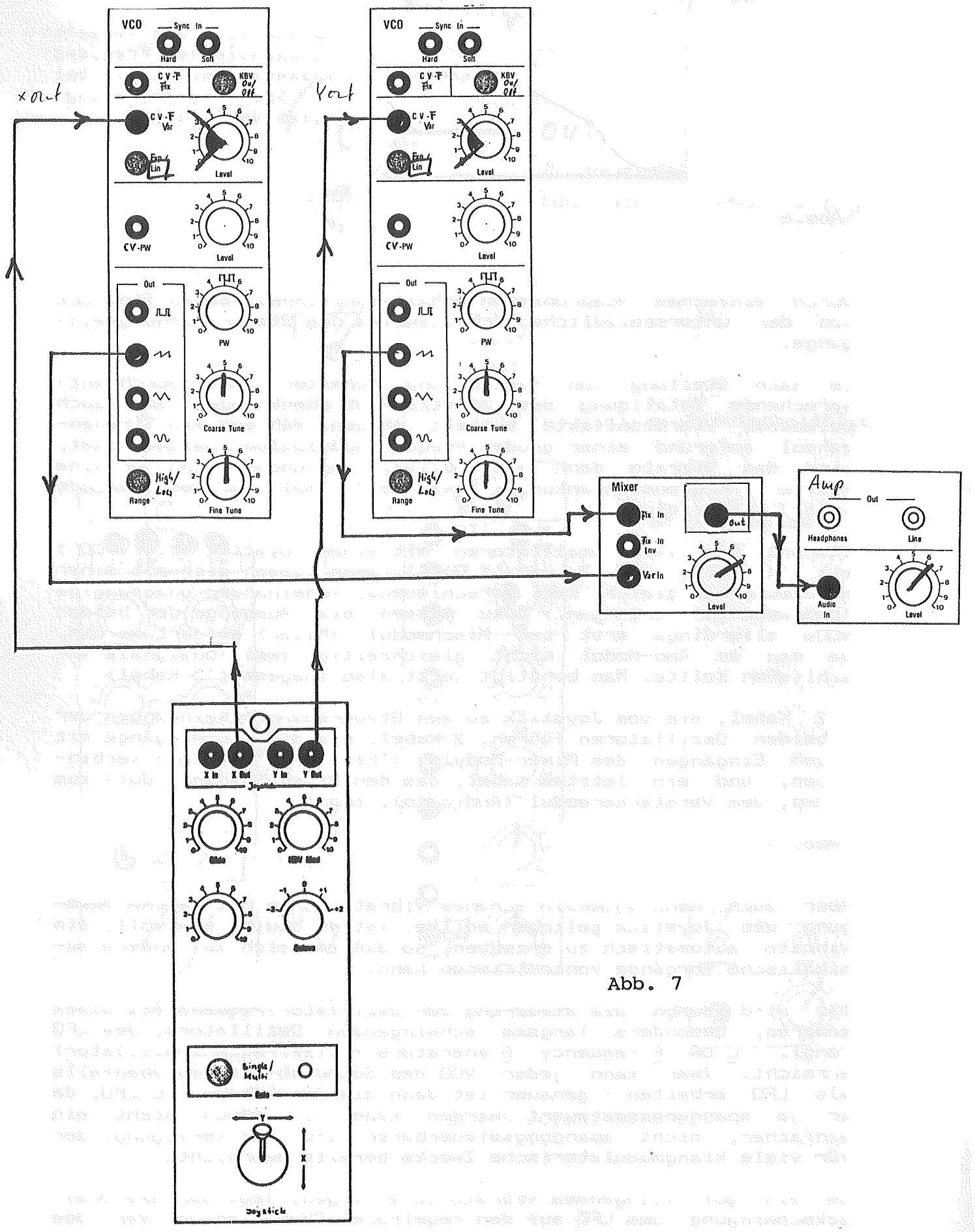

VCO
Sync In
Hard
Soft
CV-F Fix
KBV On/Off
CV-F Var
Exp/Lin
Level
CV-PW
Out
PW
Coarse Tune
Range
High/Low
Fine Tune
xout
Yout
Mixer
Fix In
Fix In Inv
Var In
Out
Amp
Headphones
Line
Audio In
X In
X Out
Y In
Y Out
Joystick
Single/Multi
Y
X

Abb. 7

gehörende, nur wenig aufgedrehte Level-Regler des VCO bestimmt die Stärke der Frequenzmodulation, also die Intensität des Vibratos.
(Abb.8)

Natürlich läßt sich auch Sirenengeheul hervorrufen, wenn man die LFO-Spannung nicht abschwächt und die LFO-Frequenz entsprechend langsamer einstellt. Umgekehrt erhält man - bei möglichst schneller LFO-Frequenz (größer als 15 Hz) - ein sehr geräuschhaftes Klangergebnis.

Allein mit dieser einfachen Schaltung (LFO steuert VCO) erhält man so viele verschiedene Klangformen, daß man nur durch eigenes Experimentieren einen wirklichen Eindruck von den vorhandenen Möglichkeiten bekommt.

Es ist empfehlenswert, immer nur einen der wirksamen Regler (VCO-Frequenz, Level, LFO-Frequenz) bzw. Schalter (Lin/Exp-Charakteristik, Low/High-Range) zu variieren, um das Zusammenwirken der einzelnen Faktoren schneller begreifen zu können.

Steuert man die VCO-Frequenz mit der Rechteckschwingung des LFO an, kann man viele Klangvarianten zwischen Trillern, schnellen weiten Tonsprüngen und knatternden Geräuschen produzieren.
(Abb.9)

Die Klangmöglichkeiten vervielfachen sich wieder, wenn man mehrere VCOs steuert oder von mehreren LFOs steuern läßt.

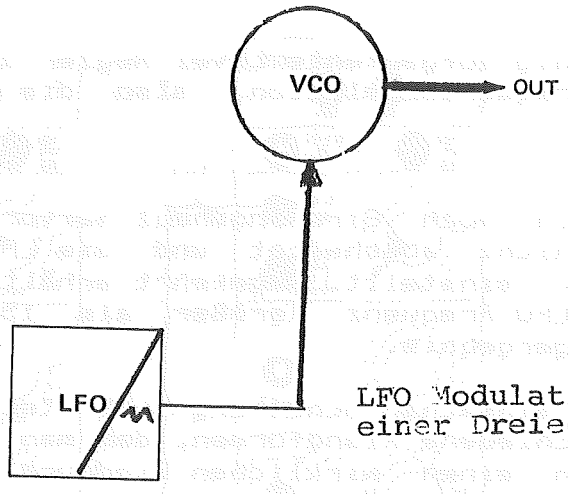
Ein Beispiel: zwei steuernde LFOs könnten unterschiedliche Vibratoeffekte etc. bei zwei angeschlossenen Oszillatoren bewirken, u.a.m.

Die häufigste Art der VCO-Steuerung besteht im Anschluß einer Tastatur, neudeutsch: 'Keyboard'. Entsprechend wird der ein (elektronisches) Tasteninstrument spielende Musiker 'Keyboarder' genannt.

Eine Synthesizertastatur ist ein Modul, daß als Spannungsquelle dient.

> Statt der Tasten, die als Schalter funktionieren, hätte man genausogut auch Klingelknöpfe oder eine Taschenrechnertastatur nehmen können. Der Elektronik ist es gleichgültig, wie die Spannungen geändert werden. Würde man z.B. an den Klappen eines Saxophons Schalter anbringen, dann ließe sich ein angeschlossener Oszillator eben von einem Saxophonisten spielen. Der Grund für die Wahl der Tastatur beim Synthesizer ist einzig und allein in der großen Verbreitung des Klavierspiels zu suchen.

Die erzeugten und zur Steuerung eines oder mehrerer VCOs dienenden Spannungen folgen dabei wiederum der 1 V/Okt.-Charakteristik. Da eine Oktave insgesamt 12 Halbtöne enthält (d.i. das chromatische Tonmaterial) entspricht jedem Halbtonschritt aufwärts auf der Tastatur eine Zunahme von genau einem Zwölftel Volt. Und das muß sehr genau eingehalten werden, da sonst uner-



LFO Modulation eines VCO mit einer Dreieckschwingung

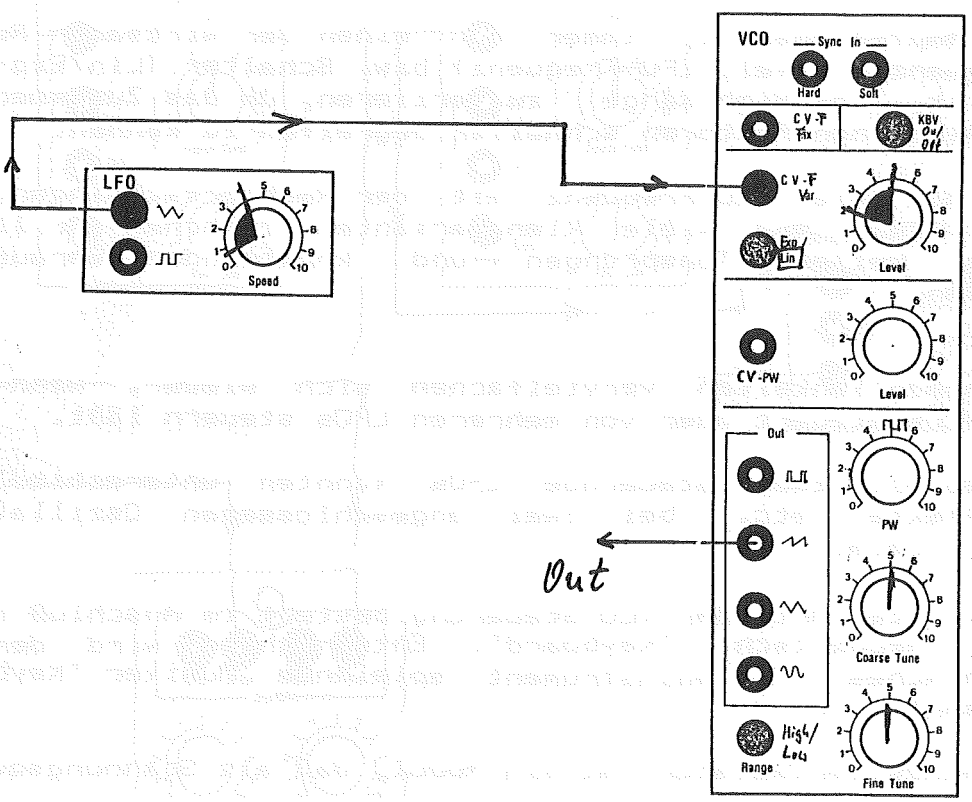


Abb. 8

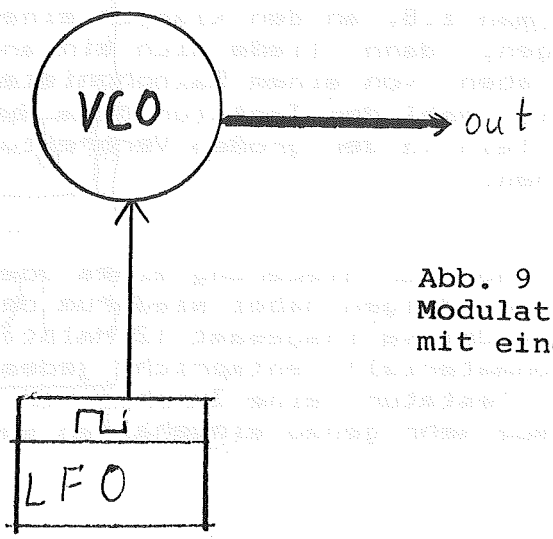


Abb. 9
Modulation eines VCO
mit einer Rechteckschwingung

trägliche Verstimmungen die Folge wären.

Das Keyboard ist beim Soundab-System intern bereits mit dem VCO verbunden. Der KBV-Schalter auf der VCO-Frontplatte muß jedoch auf 'on' (= eingeschaltet) stehen. Da die Keyboardspannung dann nicht beeinflußt wird, bleibt das V/Okt.-Verhältnis erhalten und man kann ganz normal auf dem Keyboard musizieren. D.h. noch nicht ganz normal; die Töne des Oszillators erklingen immerzu, ohne Pause. Sie lassen sich nicht abstellen. Aber hierfür gibt es im nächsten Kapitel eine sinnvolle Lösung.

Stehen mehrere VCOs zur Verfügung, sollte man sie alle einmal gemeinsam mit dem Keyboard steuern. Die Ausgangssignale müssen aber dann wieder über den Mixer geführt werden. Dazu braucht man nur die Spannung per Kabel weiterzuführen.

Viele Synthesizer sind mit einem monophonen Keyboard ausgestattet, d.h. die Tastatur kann nur eine tonhöhenbestimmende Spannung abgeben, so daß man wie bei einer Trompete, einer Flöte usw. auch nur einstimmige Melodien spielen kann. Wenn man mehrere Oszillatoren anschließt, erzielt man kein polyphones , d.h. mehrstimmiges, Spiel im eigentlichen Sinne des Wortes. Alle Oszillatoren laufen dann vollkommen parallel zueinander.

Würde man drei VCOs zu einem Dreiklang 'c-e-g' stimmen, wenn man auf der Tastatur ein 'c' angeschlagen hat, so ergäbe die Taste 'd' folgerichtig den Dreiklang 'd-fis-a'.

Das Keyboard des Soundlab-Synthesizers liefert allerdings zwei Tonhöhenspannungen, so daß es sich im Prinzip um ein duophones Keyboard handelt. Die Steuerspannungen kann man am KBV-Modul (KBV-1 und KBV-2) entnehmen.

Dennoch ist es durchaus sinnvoll, auch bei einer monophonen Steuerung mit mehreren VCOs zu arbeiten.

Der resultierende Klang ist erheblich lebendiger, voller und klangschöner, wenn zwei oder drei Oszillatoren gemeinsam einen Ton produzieren. Dabei empfiehlt es sich, auch Oktav- und Quintintervalle mit Hilfe der vorhandenen VCOs einzustellen; dies ergibt besonders abwechslungsreiche Klänge. (Abb.10)

Auch die große Anzahl der Geigen in einem Orchester, die die gleiche Melodie spielen, ist nicht nur mit einer zu geringen Lautstärke des einzelnen Instruments oder etwa mit dem Ziel der Arbeitsbeschaffung für Musiker zu erklären; vielmehr spielen die kleinen Unterschiede im Spiel der Geiger hier eine entscheidende Rolle. Da gibt es Frequenzunterschiede, die sogenannte Schwebungen erzeugen, jeder Geiger macht sein individuelles Vibrato, jede Geige klingt etwas anders usw. All dies Faktoren ergeben erst jenen chorisch vollen Geigenklang, den der Musikfreund nicht missen möchte.

Den erwähnten Effekt einer Schwebung kann man übrigens leicht mit zwei VCOs realisieren. Man muß sie nur beide (mit 'Fine Tune') leicht gegeneinander verstimmen . Realisiert man eine Frequenzdifferenz von etwa 2 Hz, entsteht eine drehende Bewegung im Klang der beiden VCOs, die sich zweimal pro Sekunde wiederholt.

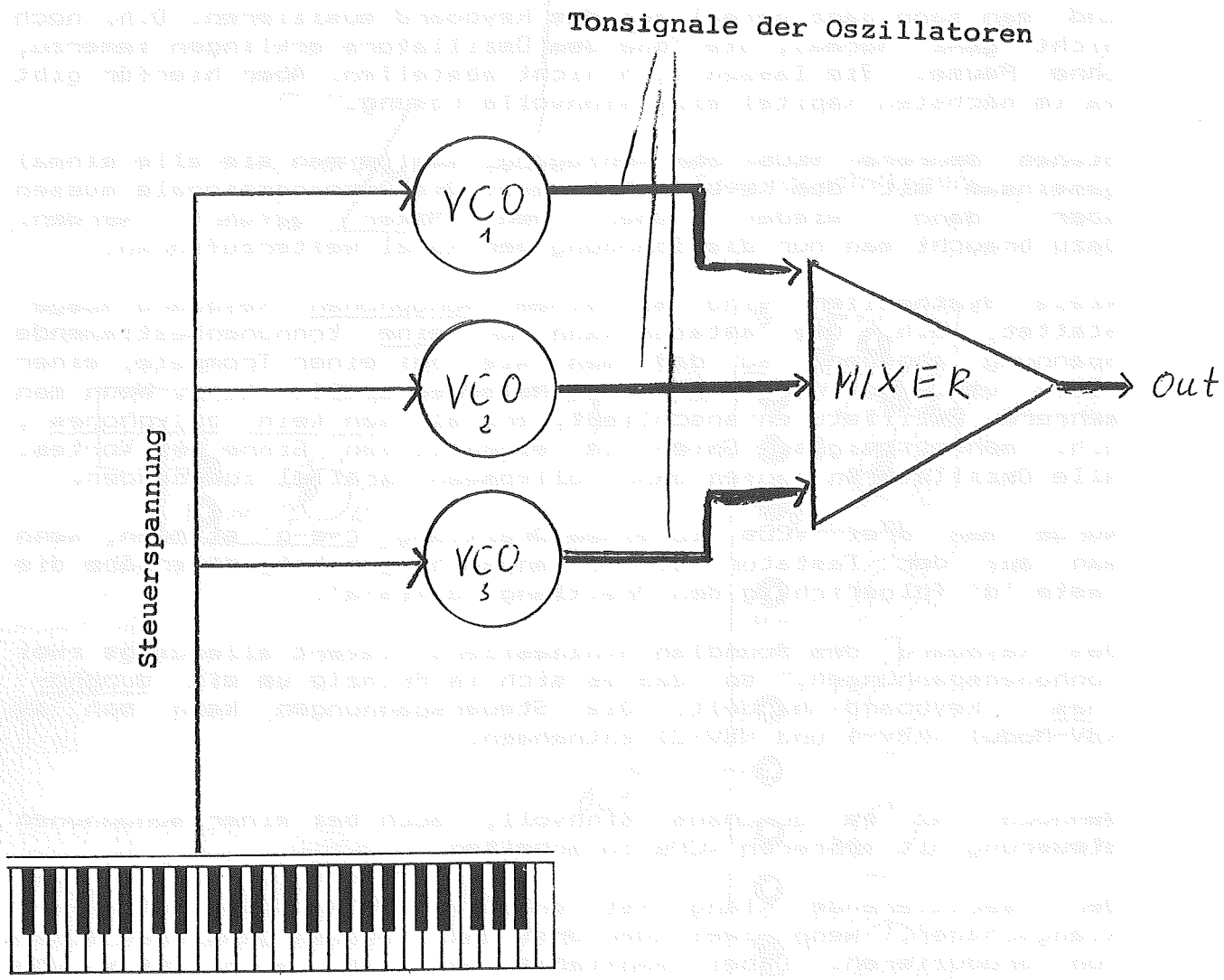


Abb. 10

Die Steuerung mehrerer VCOs
mit einem monophonen Keyboard

Der Grund für dieses Phänomen sind die entstehenden Phasenverschiebungen der beiden Schwingungen; d.h., wenn beide Schwingungen in die gleiche Richtung schwingen, entsteht ein lauterer Toneindruck, als wenn sie gegeneinander schwingen. Haben beide Schwingungen jedoch leicht differierende Frequenzen, schwingen sie aufgrund unterschiedlicher Periodenlängen einmal gleichphasig und dann wieder gegenphasig, so daß sie sich gegenseitig verstärken und abschwächen.

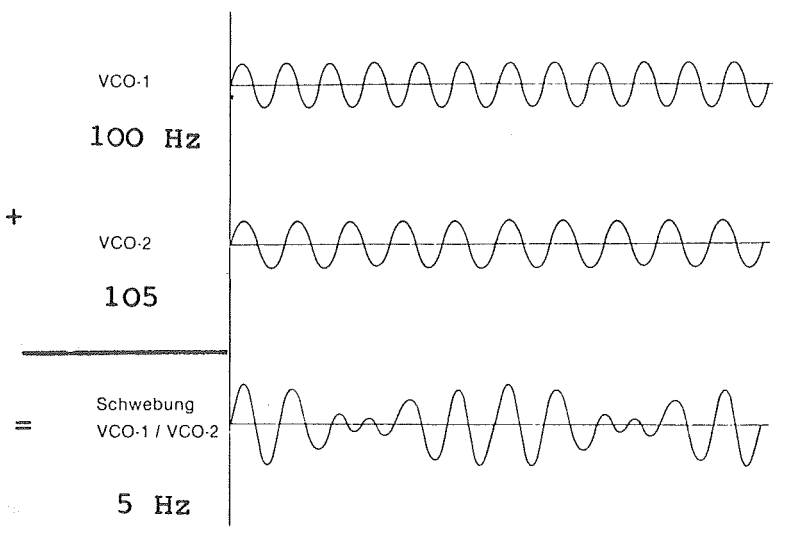
Diesen Vorgang nennt man wegen des entstehenden typischen Klangeindrucks 'Schwebung'.

Weichen die Frequenzen stärker voneinander ab, so entsteht zunächst eine starke Rauhigkeit, dann ein Klopfen und schließlich kann man zwei voneinander unterscheidbare Tonhöhen wahrnehmen. (Abb.11)

Das Phänomen der Schwebung kann man sich beim Stimmen zunutze machen.

Erst wenn keine Schwebung mehr hörbar ist, haben zwei Oszillatoren wirklich die gleiche Frequenz.

Auch das Stimmen in anderen Intervallen (vor allem Oktave, Quinte und Quarte) wird durch diese Methode sehr erleichtert. Genauso verfährt der Geiger oder Gitarrist, der die Saiten seines Instruments stimmt.



Schwebung ~~Out-off-Tune~~ mit einer Schwebungsfrequenz (Amplitudenmodulation) von 5 Hz

Abb. 11
Die Schwebung

3.ac. *Der Rauschgenerator*

Völlig andere Klänge als der Oszillator liefert der sogenannte Rauschgenerator (engl. Noise Generator = NG).

Wie der Name bereits verrät, produziert er keine Töne, sondern ein bestimmtes Geräusch, das man "Weißes Rauschen" nennt. Es enthält alle hörbaren Frequenzen, so wie sich das weiße Licht aus allen sichtbaren Frequenzen zusammensetzt.

Im Weißen Rauschen finden sich gleichermaßen tiefste bis höchste Frequenzen, es bildet einen Extremfall des Geräuschs. Zumindest theoretisch sind alle Frequenzen gleich stark vertreten.

Die resultierende Schwingungsform ist dem periodischen Schwingen eines musikalischen Tons vollkommen entgegengesetzt. Da eine bestimmte Frequenz nicht auszumachen ist, spricht man von nichtperiodischen Schwingungsvorgängen.

Allen Geräuschen liegen im Gegensatz zu musikalischen Tönen und Klängen nichtperiodische, also unregelmäßige Schwingungen zugrunde.
(Abb. 12)

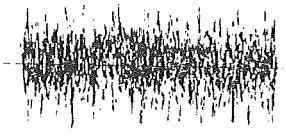


Abb. 12 Die Schwingungsform des Weißen Rauschens

Der Klang des Weißen Rauschens ähnelt dem Meeresrauschen oder einem Wasserfall oder den Zischlauten der menschlichen Sprache. Beim Radioempfang findet man es zwischen den Senderstationen.

Auf den ersten Blick könnte man meinen, daß der Rauschgenerator für musikalische Zwecke kaum verwendbar wäre. Doch dieser Eindruck täuscht sehr. Aus dem Rauschen kann durch geeignete Klangmanipulationen, die der Synthesizer bereitstellt, eine reiche Palette wichtiger Klangeffekte gewonnen werden. Ob man den heulenden Wind, ein tiefes Donnergrollen, Gewehrschüsse oder Schritte im Schnee imitieren will, ob man das geräuschhafte Blasen einer Panflöte oder das zischende Becken des Schlagzeugs benötigt, der Rauschgenerator liefert dazu das notwendige Klangmaterial.

Da der Rauschgenerator nicht viel Platz als Modul einnimmt, ist er mit einer Reihe anderer 'platzsparender' Module - wie schon der LFO und der Mixer - in einem gemeinsamen Einschub, dem Mehrfunktionsmodul (MFM), untergebracht.

Um das Weiße Rauschen hörbar zu machen, genügt es, den Ausgang des Rauschgenrators (Out) einfach mit dem Verstärkereingang (Audio In) zu verbinden.

(Abb.13)

Der Klangregler des Rauschgenerators muß dazu auf 'White' (= weiß) stehen.

Wird er in die Richtungen 'Pink' (= rosa) oder 'Blue' (= blau) gedreht, werden die hohen bzw. die tiefen Frequenzbereiche wirksam unterdrückt und es entsteht das sogenannte "Farbige Rauschen", wobei die Farbbezeichnungen wiederum analog zu den Farben des Lichts sind. (Blaues Licht besteht vowiegend aus hohen, rotes Licht vorwiegend aus tiefen Frequenzen des sichtbaren Frequenzspektrums.)

Musikalisch besonders brauchbar ist das Rosa Rauschen (engl. Pink Noise). Es wird aus dem Weißen Rauschen gewonnen, indem man in ganz bestimmter Weise die tiefen Frequenzen anhebt, die hohen dagegen bedämpft, so daß alle Oktaven des hörbaren Frequenzbereiches die gleiche Schallenergie aufweisen.

Das entspricht eher unserem musikalischen Empfinden und ergibt - im Gegensatz zum hellen, zischenden Klang des Weißen Rauschens - den Höreindruck eines über den gesamten Frequenzbereich gleichmäßig verteilten Geräuschs.

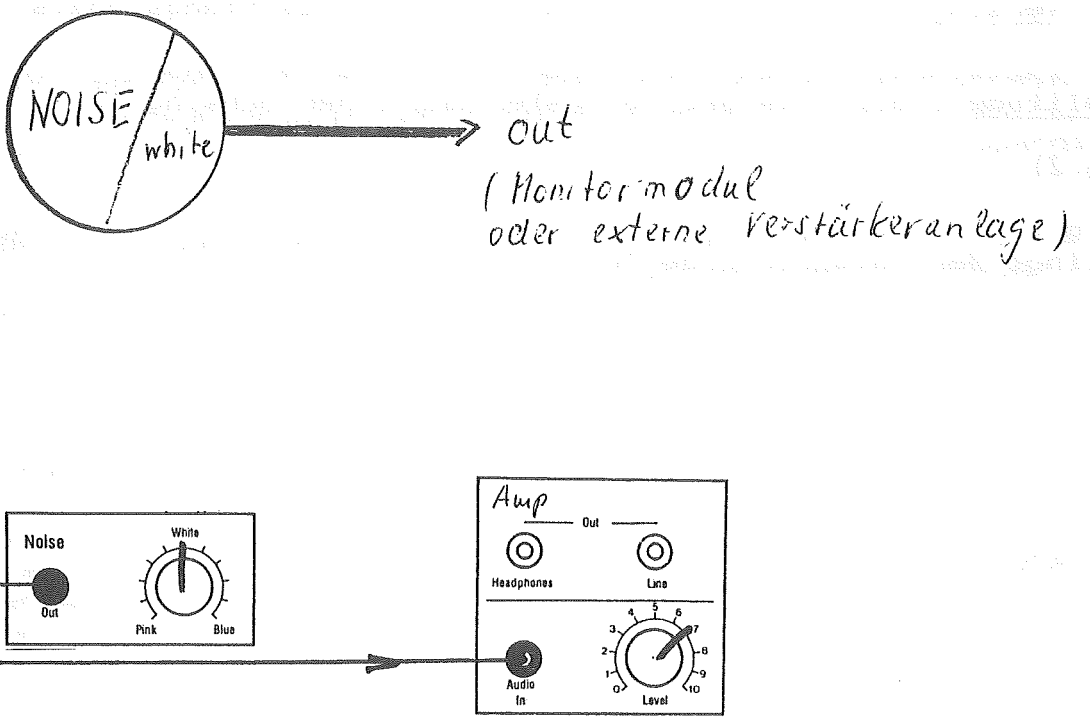


Abb. 13

2. Die elektronische Klanggestaltung

b. Die Klangverarbeitung

ba. *Der Verstärker*

Es wurde schon einmal angesprochen, daß alle Töne und Geräusche des Oszillators bzw. des Rauschgenerators stets unverändert und ohne Pause an das Ohr dringen. Musikalisch gesehen sind derartige Klangstrukturen praktisch unbrauchbar, so daß eine Weiterverarbeitung der Ausgangsklänge unbedingt geboten ist.

Hierzu bietet der Soundlab-Synthesizer eine Reihe von Modulen an, die der Klangverarbeitung des bisher beschriebenen Klangmaterials dienen.

Man kann diese Module unter dem Begriff 'Modulatoren' zusammenfassen, im Unterschied zu den Audiogeneratoren, die Klänge und Geräusche erzeugen.

Die wichtigsten Modulatoren sind Verstärker und Filter, die jeder Synthesizer enthalten muß. Daneben sind auch noch Ringmodulator, Phaser und weitere Effektgeräte zu nennen, wobei man letztere - etwa ein Hallgerät - eher als periphere Bausteine betrachtet, sie also nicht notwendig zum Synthesizer rechnet.

Ein Verstärker bestimmt die Lautstärke eines Klangsignals.

Die Lautstärke eines Tons oder Geräuschs ist abhängig von der Amplitude , d.i. die größte Auslenkung einer Schwingung.

(Abb. 2)

Je größer die Amplitude einer Schwingung ist, desto lauter erklingt der entsprechende Ton.

Führt man nun das Tonsignal des VCO zum Verstärker, kann man die Amplitude verändern. Je mehr man den Lautstärkeregler z.B. zudreht, desto geringer sind die Auslenkungen der elektrischen Schwingung.

> Ein Oszilloskop macht dies deutlich sichtbar, aber auch bei den tiefen Saiten eines Kontrabasses kann man die Abnahme der Schwingungsweite beim Ausschwingen des Tons gut beobachten.

Die Frequenz, also die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde, bleibt unabhängig von diesem Vorgang, den man Amplitudenmodulation nennt, völlig gleich.

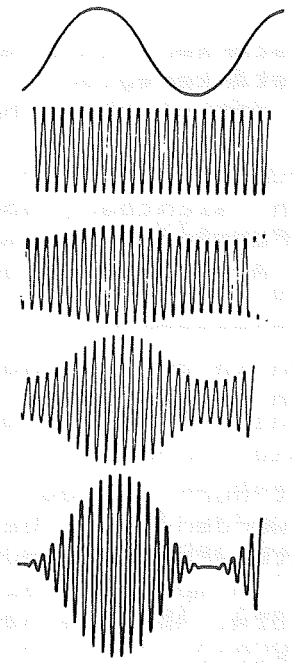
Wie schon einmal angedeutet wurde, kann nicht nur der Oszillator eines Synthesizers spannungsgesteuert werden. Auch beim Verstärker handelt es sich um ein spannungssteuerbares Modul, das man VCA (engl. Voltage Controlled Amplifier bzw. Attenuator = spannungsgeteuerter Verstärker bzw. Abschwächer) nennt.

> Bei einem VCA handelt es sich korrekterweise meistens um einen Abschwächer, der also die Signale der Audiogeneratoren nicht am eigentlichen Sinne verstärkt, sondern mehr oder weniger stark abschwächt. Die Ausgangsspannung des VCA ist maximal nicht größer als die zugeführte Spannung am Eingang. Das Verhältnis von Eingangs- und Ausgangsspannung kann nicht größer als 1:1 werden. Echte Verstärker, z.B. Endstufen oder Mikrophonvorverstärker können dagegen das Eingangssignal auch in einem größeren Verhältnis als 1:1, z.B. mit 1:10, verstärken.

Das Soundlab-System bietet einen Dual-VCA an, der zwei voneinander völlig unabhängige spannungsgesteuerte Verstärker enthält, die in einem Moduleinschub aus Gründen der Platzersparnis zusammengefaßt sind.

Alle beim VCO aufgezeigten Möglichkeiten der Steuerung mit Hilfe von Joystick, Keyboard und LFO kann man auch beim VCA anwenden.

Schließt man beispielweise ein LFO an dem Steuerspannungseingang eines VCA (CV-A Var) an, so erhält man bei unter den gleichen Bedingungen, mit denen man zuvor ein Vibrato, also eine regelmäßige (periodische) Frequenzänderung des VCO, realisierte, nunmehr eine ebenso regelmäßige Lautstärkeänderung, die man Tremolo nennt. Natürlich muß vorher ein Tonsignal zum VCA gegeben werden, das verstärkt bzw. abgeschwächt werden soll. (Abb.14)
Zunächst sollte man die verschiedenen Schwingungsformen des VCO, die man mit den Audioeingängen des VCA (Signal Var) verbindet, einer Lautstärkeänderung unterwerfen.



Schwingungsform des LFO

unbeeinflußte VCO-Schwingung

leichtes Tremolo

mittleres Tremolo

starkes Tremolo (Zerhackereffekt)

Abb. 14 Amplitudenmodulation mit einem LFO (Tremolo)

Der Ausgang (Out) des VCA muß seinerseits natürlich wieder zum Verstärkermodul (Amp) oder zu einer externen Verstärker-Lautsprecheranlage geführt werden.

(Abb.15)

Auch eine Lautstärkemodulation des Rauschens sollte man einmal erproben und außerdem eine Steuerung des VCA mit Joystick oder Keyboard vornehmen. (Im letzteren Fall werden hohe Töne lauter wiedergegeben als tiefe.)

Schließt man einen Ausgang des Joystick am VCO, den anderen am VCA an, so kann man mit der einen Bewegungsrichtung die Tonhöhe, mit der anderen die Lautstärke der Oszillatorschwingung kontrollieren. Mit den entsprechenden Level-Reglern und einer zusätzlichen Steuerung durch einen oder mehrerer LFOs erzielt man schon ein Fülle verschiedener Klangergebnisse, deren pedantische Beschreibung den Rahmen dieser Anleitung sprengen würde.

(Abb.16)

Auch mit der jeweiligen Wirkung der beim VCA vorhandenen linearen bzw. exponentiellen Steuerspannungscharakteristik (Eingänge Var/Lin bzw. Fix/Exp) kann hierbei experimentiert werden. Der Eingang mit der exponentiellen Charakteristik kann nicht mit dem Level-Regler beeinflußt werden; er besitzt eine feste Empfindlichkeit (Fix = Fixed, d.h. unveränderlich).

Die VCAs des Dual-VCA erlauben wie der VCO des Soundlab-Systems eine lineare und exponentielle Steuerungscharakteristik, die beide je nach Verwendungszweck bestimmte Vorteile aufweisen.

Während bei der linearen Charakteristik einem bestimmten Betrag einer wachsenden Steuerspannung immer eine exakt gleiche Zunahme der VCA-Ausgangsspannung entspricht, steigt bei der exponentiellen

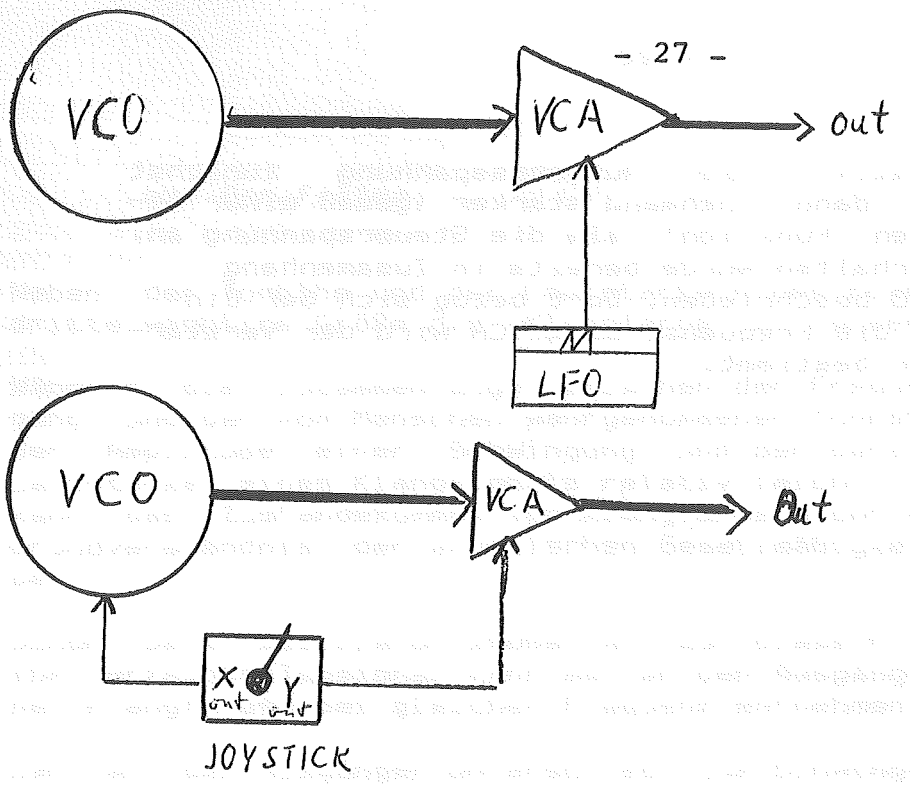

VCO
VCA
out
LFO
VCO
VCA
Out
X out
Y out
JOYSTICK

Abb. 15

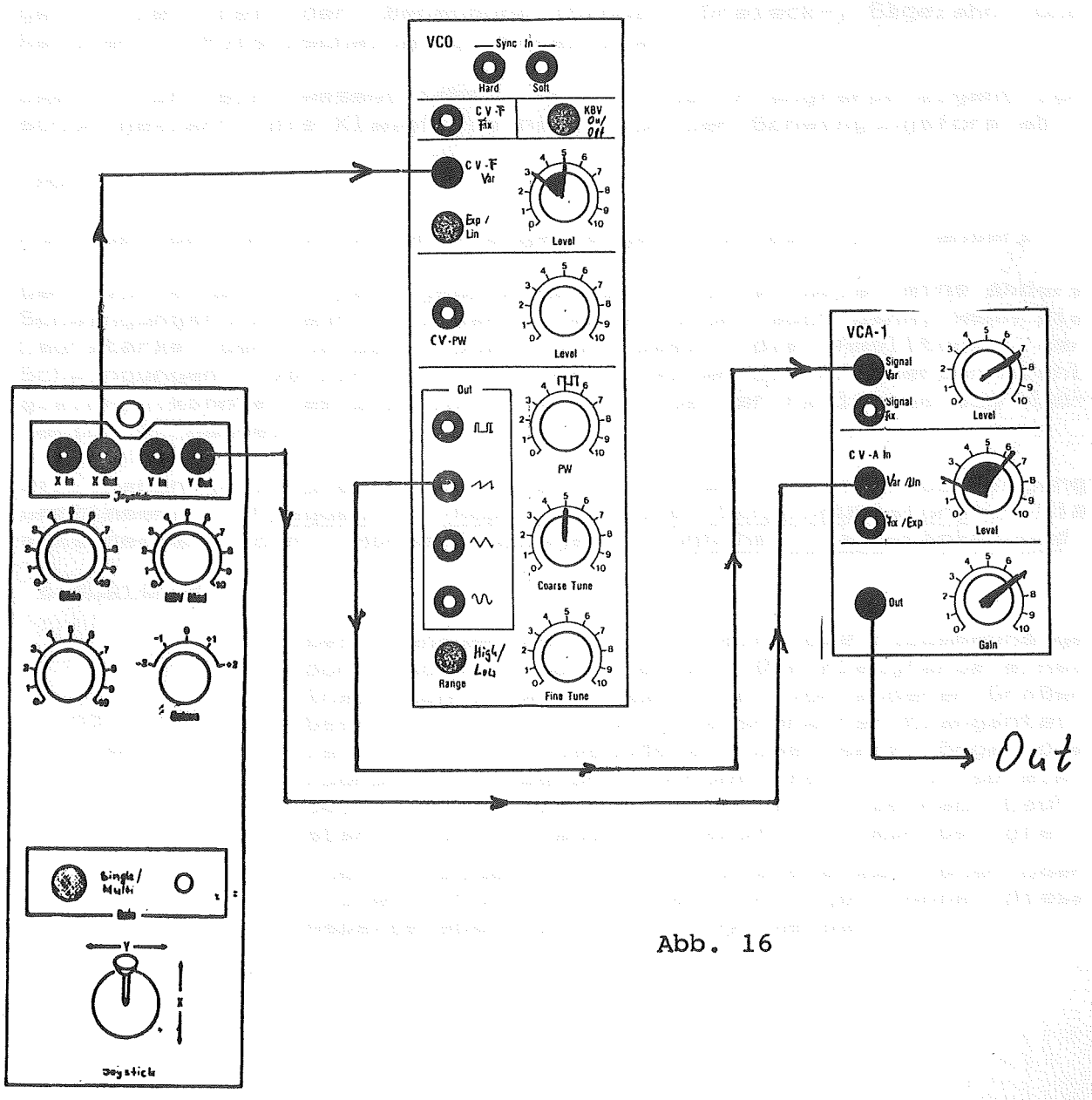

VCO
Sync In
Hard
Soft
CV-F Fix
KBV On/Off
CV-F Var
Exp / Lin
Level
CV-PW
Level
Out
PW
Coarse Tune
High/Low Range
Fine Tune
VCA-1
Signal Var
Signal Fix
Level
CV-A In
Var /Lin
Fix /Exp
Level
Out
Gain
Out
X In
X Out
Y In
Y Out
Joystick
Single/Multi
Joystick

Abb. 16

Charakteristik die Ausgangsspannung zunächst schwächer, dann zunehmend stärker (gemäß einer exponentiellen Funktion) als die Steuerspannung an. Dieses Verhalten wurde bereits in Zusamenhang mit dem VCO beschrieben. Dort bezog sich der Einfluß auf die Frequenz, beim VCA wird der Verstärkungsfaktor bestimmt.

bb. *Der Filter*

Neben der Tonhöhe und der Lautstärke eines Klangsignals ist als dritte wichtige Größe die Klangfarbe zu nennen.

Während die Zusammenhänge zwischen der Frequenz einer Schwingung und der vom Menschen wahrgenommenen Tonhöhe sowie zwischen der Amplitude einer Schwingung und der daraus resultierenden Lautstärke eines Klangsignals relativ leicht zu verstehen sind, kann das Zustandekommen von Klangfarbe nicht ohne ein gewisses Grundverständnis der akustischen Gesetzmäßigkeiten erklärt werden.

Schon beim Oszillator stoßen wir auf diese Frage, denn das von ihm erzeugte Tonsignal kann man an den Ausgängen in verschiedenen Klangfarben bei gleicher Frequenz entnehmen.

Daß an den Ausgängen unterschiedliche Schwingungsformen anliegen, fiel bei der Benennung (Sinus-, Dreieck-, Sägezahn- und Rechteck- (Puls-)schwingung bereits auf.

Damit ist ein wesentlicher Aspekt der Klangfarbe eigentlich schon geklärt: die Klangfarbe hängt von der Schwingungsform ab.

(Abb.17)

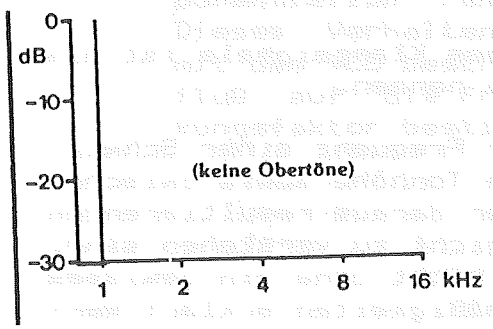
Auch bei den mechanischen Klangerzeugern ist das nicht anders.

Der von einer Trompete gespielte Kammerton a' weist eine andere Schwingungsform auf als das a' einer Oboe, auch dann, wenn die Lautstärke der beiden Töne (und damit die Amplituden der Schwingungen) völlig gleich ist. (Wären die Frequenzen nicht gleich, könnte es sich nicht mehr in beiden Fällen um den Kammerton a' handeln.)

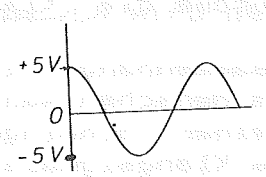
Wir haben jetzt drei Größen oder Parameter, die eine Schwingung bestimmen: Frequenz, Amplitude und Schwingungsform. Sie entsprechen den Hörempfindungen Tonhöhe, Lautstärke und Klangfarbe.

Bei genauer Betrachtung sind die Zusammenhänge doch noch komplizierter. Die Klangfarbe eines Instruments wird auch noch von anderen Größen bestimmt, z.B. von geräuschhaften Klanganteilen oder vom besonderen Toneinsatz. Sogar die Zuordnung Frequenz-Tonhöhe ist nicht so eindeutig, wie es zunächst scheint. Je nach Lautstärke und Klangfarbe empfindet man bei gleicher Frequenz die Tonhöhe als etwas höher oder tiefer. Für unsere Betrachtungen können diese Aspekte aber vernachlässigt werden.

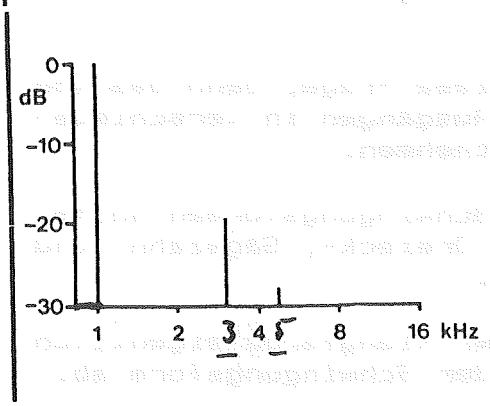
Frequenzspektren der üblichen Schwingungsformen eines VCO.
Bei der Dreieck- und Rechteck-Schwingung gibt es keine Obertöne mit geraden Ordnungszahlen.
Die Frequenz des Grundtons beträgt bei allen Schwingungsformen 1000 Hz (= 1kHz)



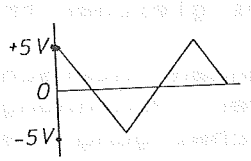
Sinusschwingung



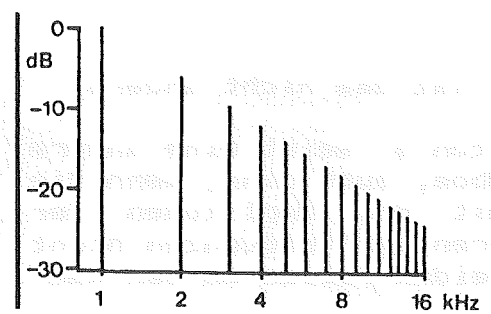
keine Obertöne



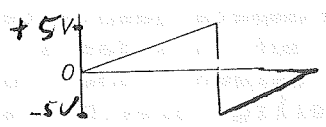
Dreieckschwingung

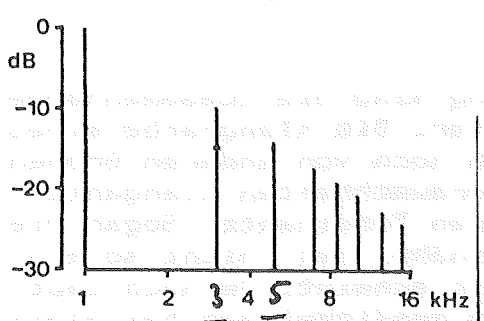


keine geraden Obertöne

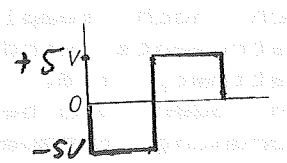


Sägezahnschwingung

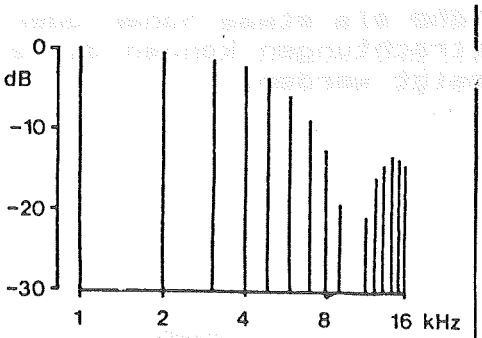




Rechteckschwingung



keine geraden Obertöne



Pulsschwingung (10%)

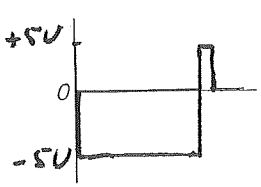


Abb. 17

Wie ist nun eine Schwingungsform näher bestimmt, was macht den typischen Klang eines mechanischen oder elektronischen Instruments aus?

Vergleichen wir zunächst den Klang der vom VCO abgebenen Schwingungsformen, dann läßt sich leicht heraushören, daß die Sinusschwingung erheblich dunkler und weicher klingt als etwa die Sägezahnschwingung. Dies fällt vor allem deutlich auf, wenn man eine tiefere Frequenz für den Hörvergleich wählt.

Der Grund liegt darin, daß sich - mit Ausnahme des Sinustons - die Schwingungsformen aller (!) anderen Töne und Geräusche aus mehr als nur einer Frequenz zusammensetzen. Einzig und allein der wellenförmige Sinuston entspricht nur einer Frequenz, die mit der wahrgenommenen Tonhöhe identisch ist.

Es läßt sich zeigen, daß sich alle anderen Schwingungen aus Sinusschwingungen aufbauen (Klangsynthese) bzw. in diese auch zerlegen lassen (Klanganalyse).

Der Physiker FOURIER stellte den Satz auf, daß jede (komplexere) Schwingung als eine Summe von Sinusschwingungen aufgefaßt werden kann (mit Ausnahme natürlich der Sinusschwingung selbst).
Also auch kompliziertesten aperiodische Schwingungen aus der Welt der Geräusche lassen sich letztlich auf eine Vielzahl einzelner Sinusschwingungen zurückführen.

Handelt es sich um periodische Schwingungen, um Töne, dann stehen diese Teilschwingungen, meist Teiltöne oder Partialschwingungen genannt, immer in einem ganzzahligen Verhältnis zur Grundfrequenz der Ausgangsschwingung.

Und nur die tiefste und zumeist auch intensivste Schwingung bestimmt unseren Tonhöheneindruck; die anderen Teiltöne wirken sich dagegen als spezifische Klangfarbe aus.

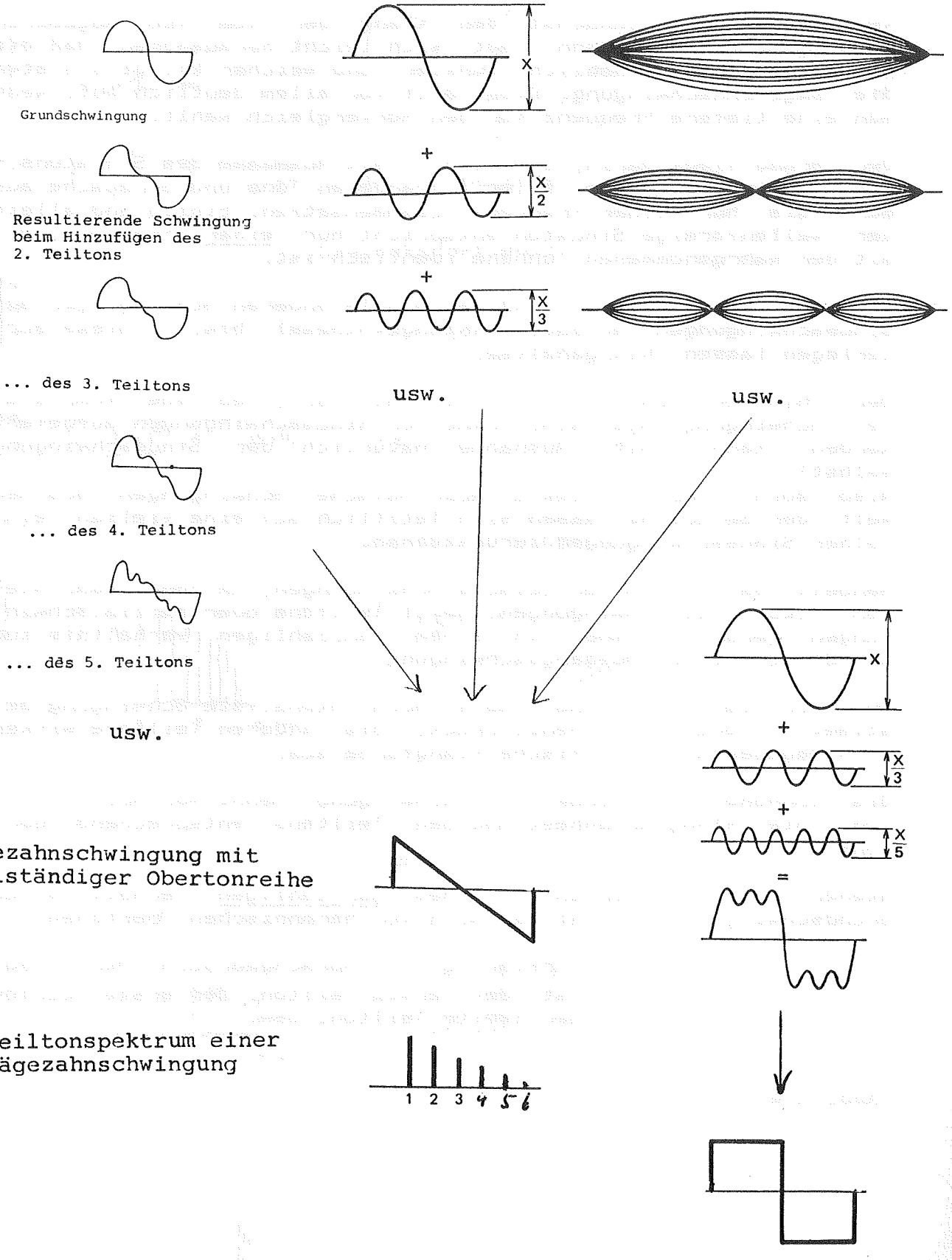
Die tonhöhenbestimmende Grundschwingung nennt man auch Grundton, die klangfarbenbestimmenden Teiltöne entsprechend Obertöne.

Stehen ihre Frequenzen in einem ganzzahligen Verhältnis zur Grundschwingung, spricht man auch von harmonischen Obertönen.

> Eine Erklärung zum Sprachgebrauch: Der Grundton ist der erste Teilton, der erste Oberton dann der zweite Teilton, usw.

(Abb. 17a)

Aufbau der Teiltonstruktur eines musikalischen Tons durch Addition von Sinusschwingungen



Sägezahnschwingung mit vollständiger Obertonreihe

Teiltonspektrum einer Sägezahnschwingung

1 2 3 4 5 6

ideale Form einer Rechteckschwingung

Abb. 17 a

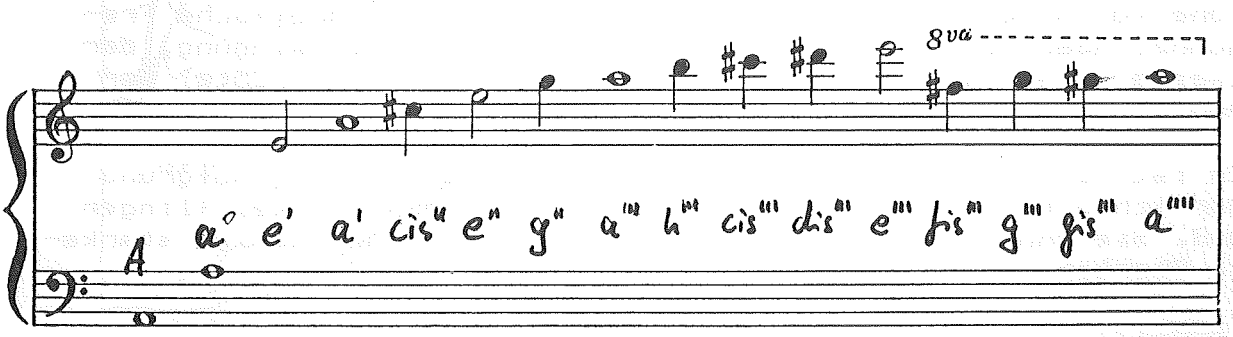
Ein A mit der Frequenz 110 Hz enthält als ersten Oberton die Oktave (das kleine a mit 220 Hz); der zweite Oberton liegt eine Quinte höher (eingestrichenes e' mit 330 Hz), der dritte Oberton eine Quarte höher (wieder ein a, diesmal der Kammerton, das eingestrichen a' mit 440 Hz), und so geht es weiter.

(Abb.18)

Die Frequenzen der angegebenen Obertonreihe des kleinen a sind nicht in jedem Fall exakt identisch mit den entsprechenden Tönen unseres Tonsystems. Zumindest die Töne eines Tasteninstruments werden üblicherweise durch Teilung einer Oktave in 12 gleich große Abschnitte, in Halbtonschritte geteilt ("gleichschwebend temperierte Stimmung"). Auf diese Weise gelingt es Tasten zu "sparen", denn eigentlich weisen Töne wie 'fis' und 'ges' leichte Frequenzunterschiede auf. Durch die rechnerisch exakte Teilung der Oktave in 12 Abschnitte stimmt außer der Oktave eigentlich überhaupt kein Intervall mehr mit den einfachen Frequenzverhältnissen überein, so wie sie in der Obertonstruktur anzutreffen sind. Wie aktuelle Forschungsberichte der Musikpsychologie jedoch zeigen, bleiben die leichten Frequenzdifferenzen weitgehend unhörbar, so daß sie musikpraktisch unbedeutend sind. Die dadurch aber mögliche Vereinfachung der Tastatur wird seit der Zeit BACHs hingegen als großer Fortschritt für die Spieltechnik empfunden.

Bei obertonreichen Klängen sind über 16 Teiltöne klangfarblich bedeutsam.

Nur wegen dieser Teiltöne, die bei hohen Grundfrequenzen dann in sehr hohen Frequenzbereichen liegen, lohnt sich die Anschaffung einer guten HiFi-Anlage, denn in erster Linie leidet die klangfarbliche Brillanz einer Wiedergabe, wenn hohe Frequenzen nicht gut übertragen werden. Die für das Verständnis von Musik entscheidenden Grundtöne der meisten Instrumente (mit Ausnahme des Synthesizers) können auch von sehr schlechten Anlagen normalerweise wiedergegeben werden. Hier gibt es dann allerdings im Baßbereich Probleme.



Teiltonnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Frequenz	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100	1210	1320	1430	1540	1650	1760

Abb. 18

Die Obertonstruktur oder - wie man auch sagt - das Klangspektrum der Klänge von mechanischen Instrumenten ist im Vergleich mit elektronisch erzeugten Schwingungen meist erheblich komplizierter, weshalb eine musikalisch zufriedenstellende elektronische Imitation der bekannten Instrumente relativ schwer und aufwendig, wenn theoretisch auch durchaus möglich, ist.

Jeder Oberton etwa einer Geige ist unterschiedlich stark ausgeprägt, wobei hinzukommt, daß die Intensitätsunterschiede der einzelnen Obertöne sich je nach Spiel, Lautstärke und Art des Toneinsatzes usw. auch noch ständig ändern. Eine im piano gestrichene Geige ist nicht nur leiser, sie klingt auch deutlich anders als ein laut gespieltes Instrument.
(Abb.19)

Hingegen ist die Klangstruktur der elektronisch erzeugten Schwingungsformen eines Oszillators absolut starr und vergleichsweise einfach zu beschreiben (und mathematisch zu berechnen). Auf elektronischem Wege sind diese Schwingungen (Puls, Sägezahn, Dreieck) leicht zu erzeugen.

Im Bereich der mechanischen Instrumente kommen diese Schwingungsformen nicht vor.

Puls-, Sägezahn-, Dreieck- und Sinusschwingungen unterscheiden sich jedoch wie die mechanisch erzeugten Klänge durch eine unterschiedliche Obertonstruktur. Während der Sinuston - wie gesagt- keine Obertöne enthält, fällt beim Sägezahn die Intensität der Obertöne in einem gleichmäßigen Verhältnis, das im umgekehrten Verhältnis zur Ordnungszahl des jeweiligen Teiltons steht, ab. Der 2.Teilton (=1.Oberton) weist also nur die halbe Amplitude des Grundtons, der 3.Teilton nur den 3.Teil der Amplitude auf, usw.

(Abb.17)

Eine derartige Regelmäßigkeit gibt es bei mechanisch erzeugten Tönen nie. Bei diesen kann es durchaus vorkommen, daß ein Teilton mit einer höheren Ordnungszahl dennoch lauter ist als der tiefere Teilton.

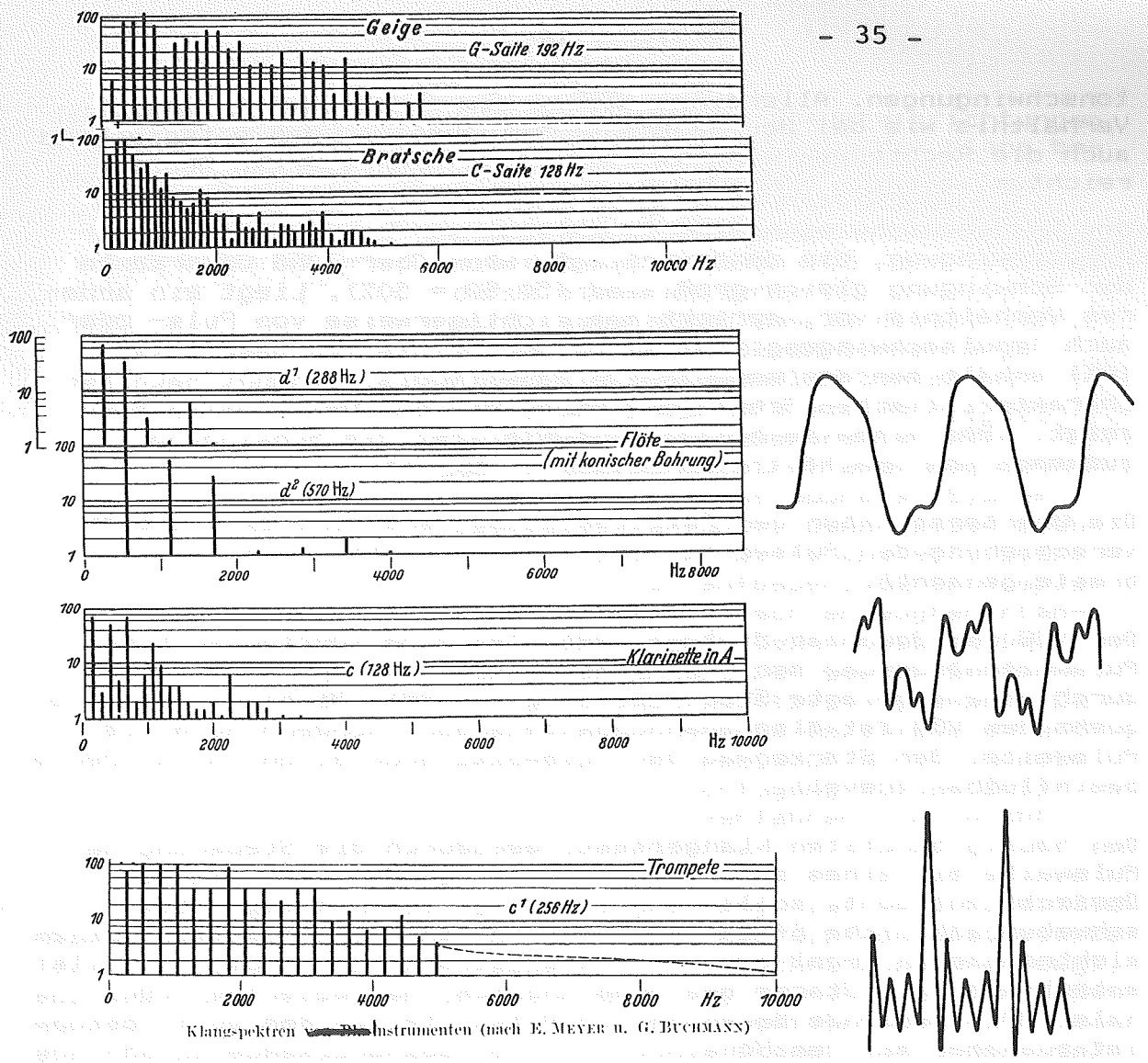
(Abb.19 u. 20)

Auch beim Dreieck läßt die Intensität der Obertöne gleichmäßig nach, jedoch in einem ungleich stärkeren Verhältnis, nämlich im Quadrat zur Ordnungszahl. Außerdem sind nur ungradzahlige Teiltöne vorhanden. Der erste Oberton hat also die dreifache Frequenz, aber nur 1/9tel der Amplitude der Grundschwingung, der zweite weist die fünffache Frequenz und nur noch 1/25tel der Amplitude auf, usw.

Es ist leicht einzusehen, daß die Dreieckschwingung aufgrund der schwach ausgeprägten Obertonstruktur recht dunkel klingen muß. Sie ähnelt dem Flötenton, der ebenfalls nur wenige stärkere Obertöne enthält.

(Abb.17)

Die Rechteckschwingung kennt ebenfalls nur ungradzahlige Teil-



Klangspektren verschiedener Instrumente (nach E. MEYER u. G. BUCHMANN)

Abb. 19 Klangspektren verschiedener Instrumente

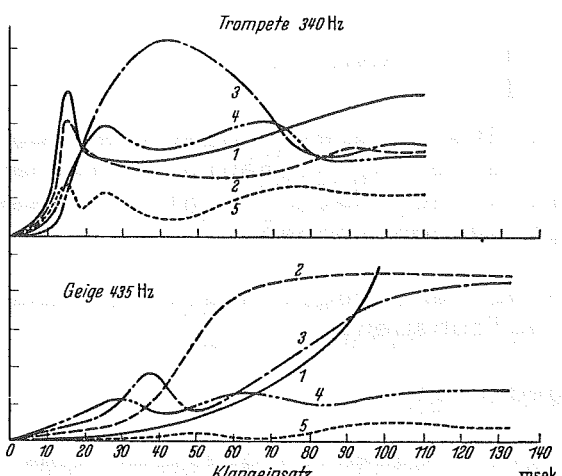


Abb. 403. Klangeinsatz bei einer Trompete (oben) und bei einer Geige (unten) (nach H. BACKHAUS)

Abb. 20

tonschwingungen. Allerdings stehen die Amplituden im gleichen Verhältnis wie bei der Sägezahnschwingung, so daß entsprechend auch die Rechteckschwingung über einen sehr starken Oberton-reichtum verfügt. (Abb.17)

Die Rechteckschwingung ist im übrigen nur ein Sonderfall der Pulsschwingung, die dann vorliegt, wenn Ober- und Unterkante der Schwingung gleich groß sind (50:50 = 50%). Liegt ein ande-res Verhältnis vor, spricht man richtigerweise von Puls- oder auch Impulsschwingung. Bei einem Verhältnis von über 10:90 = 10%) erhält man den sogenannten Nadelimpuls, benannt nach der charakteristischen Schwingungsform, die das Oszilloskop dann zeigt. (Bei einem Verhältnis 0:100 bricht die Schwingung zusammen und man hört nichts mehr.) (Abb.17)

Die Obertonstruktur der Pulsschwingung verändert sich mit der Verschiebung der Pulsweite (engl. pulse width, auch Impuls-breite genannt).

Der VCO des Soundlab-Systems gestattet eine kontinuierliche Pulsweitenänderung per Hand (PW-Regler) und darüber hinaus durch eine angelegte Steuerspannung (CV-PW). Nicht nur die Fre-quenz des VCO ist also spannungssteuerbar, sondern auch die Pulsweite. Der Stärkegrad der Pulsweitenmodulation ist wiederum beeinflußbar (Level).

Den häufig benutzten Klangeffekt, der durch die Steuerung de Pulsweite mit einem sehr langsam schwingenden LFO (1-2 Hz, Dreieck) entsteht, sollte man unbedingt ausprobieren. Der schwebungsähnliche Effekt erinnert an den Kathedraleffekt einer elektronischen Orgel oder an Phasinggeräte. Er mindert bereits entschieden die Starre des ursprünglich unmodulierten VCO-Sig-nals. (Die pumpende Bewegung der Pulsweite auf dem Oszilloskop ist zusammen mit dem Höreindruck eine beeindruckende Erfah-rung.) (Abb. 21)

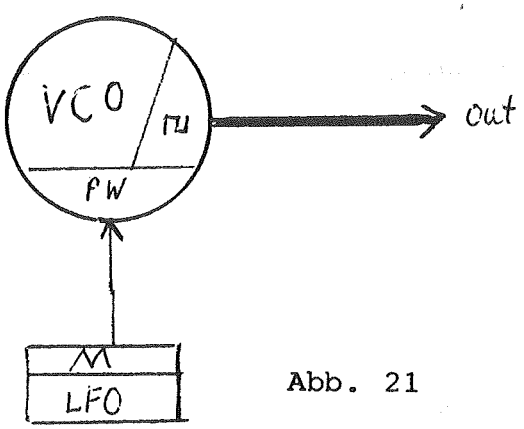


Abb. 21

Mehrmals wurde nun bereits auf die Starre elektronisch erzeug-ter Grundklänge hingewiesen und ihre verhältnismäßig einfachen Schwingungsformen beschrieben, die in der Natur nicht vorkommen und rein mechanisch nicht erzeugt werden können.

Nun bietet ein Synthesizer jedoch mehrere Möglichkeiten, leben-digere, variantenreichere Klänge aufzubauen.

Einige Verfahren wurden schon angedeutet.

1. Die Kombination mehrerer VCOs mit Frequenzen gleicher oder ähnlicher Töne (Oktaven, Quinte) , so daß z.B. Schwebungsef-fekte entstehen.

2. Die Pulsweitenmodulation, die schwebungsähnliche Effekte be-wirkt.

3. Die Frequenzmodulation mit Hilfe anderer Steuereinrichtungen wie Joystick oder LFO, so daß z.B. ein Vibrato den Klang belebt.

   Es gibt eine hochinteressante Form der Frequenzmodulation eines VCO mit Hilfe eines anderen VCO, der wiederum durch einen weiteren VCO moduliert wird, usw. Nimmt man zu diesem Verfahren ausschließlich Sinusklänge (über die das Soundlab-System verfügt) und moduliert mit der linearen Steuerspannungscharakteristik (eine selten anzutreffende Möglichkeit, über die das Soundlab-System ebenfalls verfügt), dann lassen sich außerordentlich differenzierte Obertonstrukturen aufbauen, deren Komplexität den mechanisch erzeugten Klängen nicht nachzustehen braucht.Das Verfahren ähnelt der weiter unten beschriebenen additiven Synthese. Da hierzu aber mehrere Oszillatoren und zweckmäßigerweise auch andere Module mehrfach zur Verfügung stehen sollten, wird das Verfahren hier nicht weiter behandelt.

4. Eine wichtige Methode der Klangformung ist die additive Klangsynthese, die darin besteht, daß man einfach die gesamte Teiltonstruktur eines Klanges mit Sinusschwingungen erzeugt, so daß man sich den gewünschten Klang im wahrsten Sinne des Wortes zusammensetzt, synthetisiert. Leider benötigt man ebensoviele Sinusgeneratoren, wie Teiltöne vorhanden sein sollen, so daß es sich um ein sehr aufwendiges Verfahren handelt. Wer z.B. die 16 wichtigsten Obertöne einer Geige erzeugen will, bräuchte ebensoviele VCOs, VCAs u.a.m. Die VCOs müßten zudem dann noch phasenstarr zueinander schwingen, d.h. alle Schwingungen müßten zum gleichen Zeitpunkt in gleicher Schwingungsrichtung beginnen, wobei dies nach einer Schwingungsperiode exakt wieder der Fall sein müßte, usf.

(Abb.22)

   Die Phasengleichheit läßt sich beim Soundlab-Synthesizer allerdings leicht mit Hilfe der Synchronisierungseinrichtung verwirklichen. Die Rechteckschwingung des tiefsten VCO wird mit dem Synchroneingang (Sync In Hard) der anderen zu koppelnden VCOs verbunden. Damit bestimmt er die Phasenlage der angechlossenen Oszillatoren, so daß alle phasengleich schwingen.)

5. Die subtraktive Klangsynthese mit Hilfe eines Filters wird am häufigsten bei (analogen) Synthesizern angewandt, so daß wir sie uns weiter unten genauer anschauen werden.

6. Bei der direkten Klangsynthese mit Hilfe digitaler Methoden wird die gewünschte Schwingungsform von einem Computer berechnet und mit Hilfe eines Digital-Analog-Converters in analoge Schwingungen umgewandelt. (Das menschliche Ohr hört

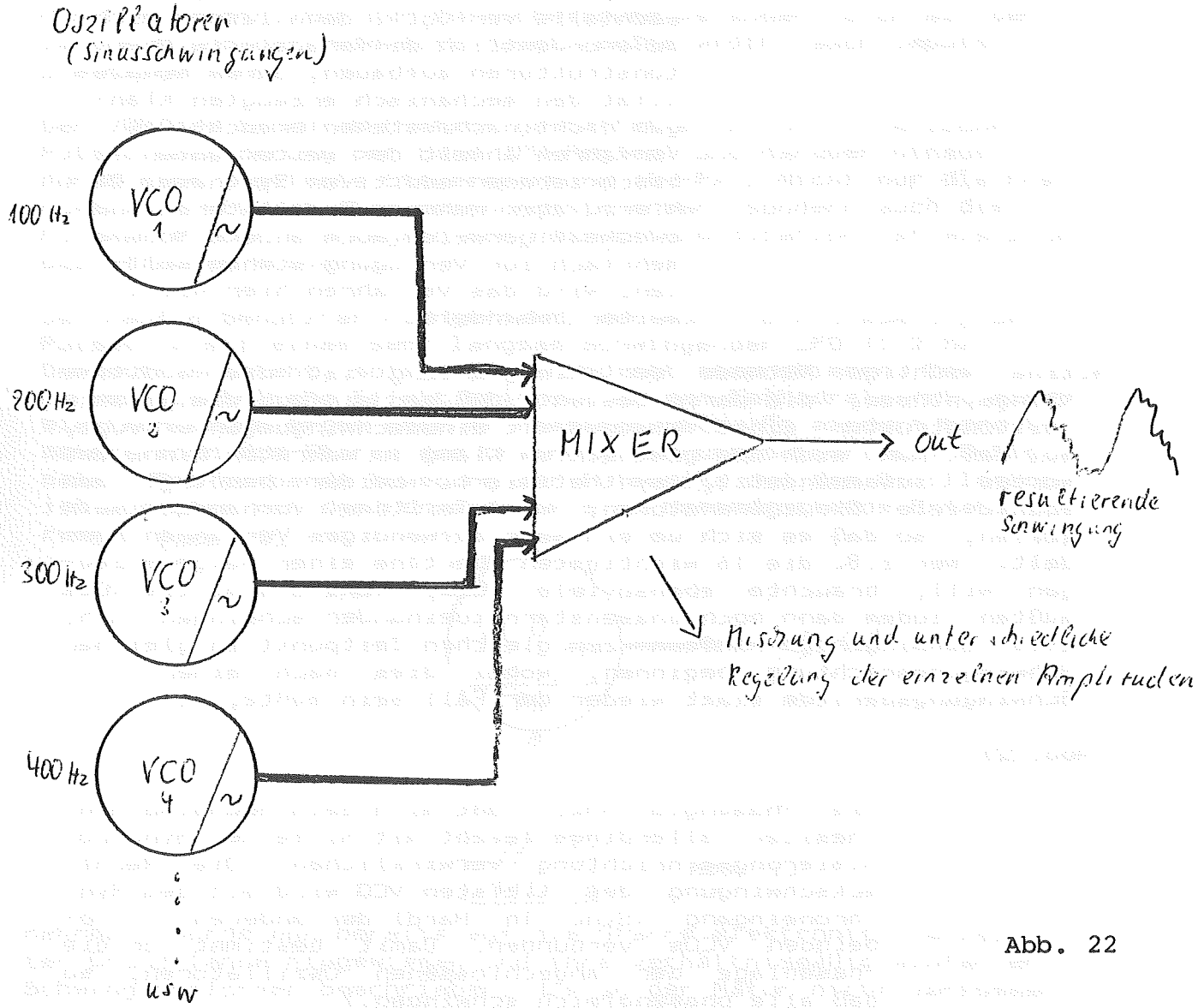


Abb. 22

Additive Klangsynthese mit mehreren Oszillatoren

analog!) Da das Soundlab-System als Analogsynthesizer arbeitet, soll hier nicht näher auf die digitale Methode der Klangerzeugung eingegangen werden. (Ein Computer kann zur Steuerung eines analogen Systems dienen. Man spricht dann von einem Hybridsynthesizer. Mit digitaler Klangerzeugung darf dies nicht verwechselt werden.)

Sehen wir uns nun das Prinzip der subtraktiven Klangsynthese etwas genauer an.

Es ist dadurch bestimmt, daß mit Hilfe eines Filters bestimmte Frequenzbereiche mehr oder weniger stark unterdrückt werden.

Es funktioniert sozusagen als Sieb für bestimmte Frequenzbereiche.

Der Filter (technisch: meist der Filter nicht das Filter) ist deshalb neben VCO und VCA ein weiteres wichtiges Synthesizermodul.

Man unterscheidet mehrere Filterungsarten, deren jeweilige Charakteristik die Benennung bestimmt.

Das Tiefpaßfilter (engl. Low Pass = LP) läßt die tiefen Frequenzen 'passieren', unterdrückt jedoch die hohen Frequenzbereiche.

(Abb.23a)

Das Hochpaßfilter (engl. High Pass = HP) verhält sich genau umgekehrt, die tiefen Frequenzanteile werden unterdrückt, die hohen durchgelassen.

(Abb.23b)

Schaltet man Hoch- und Tiefpaßfilter hintereinander, so erhält man das Bandpaßfilter (engl. Band Pass = BP), das einen mittleren Frequenzbereich unbeeinflußt läßt, die tiefen und hohen Frequenzen jedoch sperrt.

(Abb.24)

Während die meisten Synthesizer nur über ein Tiefpaßfilter verfügen, enthält das Soundlab-Filter sogar noch das seltene Sperrfilter (auch Kerbfilter genannt, engl. Notch = N).

Auch das Sperrfilter läßt sich aus dem Zusammenwirken von Hoch- und Tiefpaßfilter erklären.

(Abb.25)

Bei dem Filter des Soundlab-Synthesizers sind alle aufgeführten Filterarten gleichzeitig in einem einzigen Modul verei-

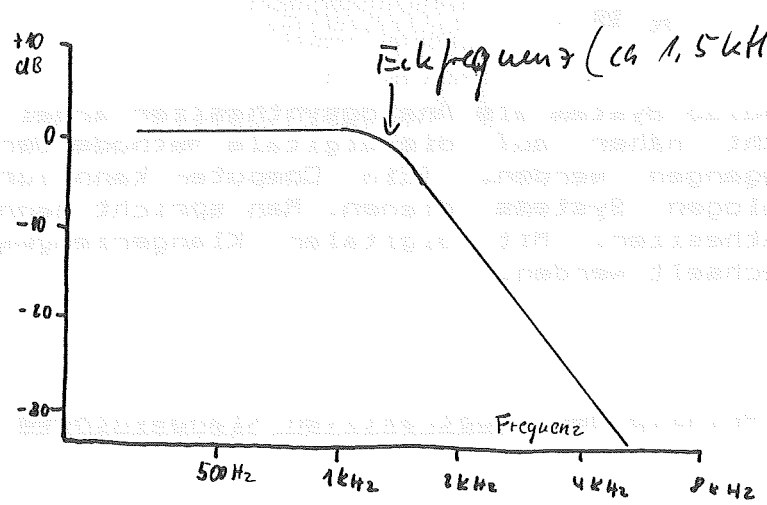


Abb. 23a
Tiefpaßfilter

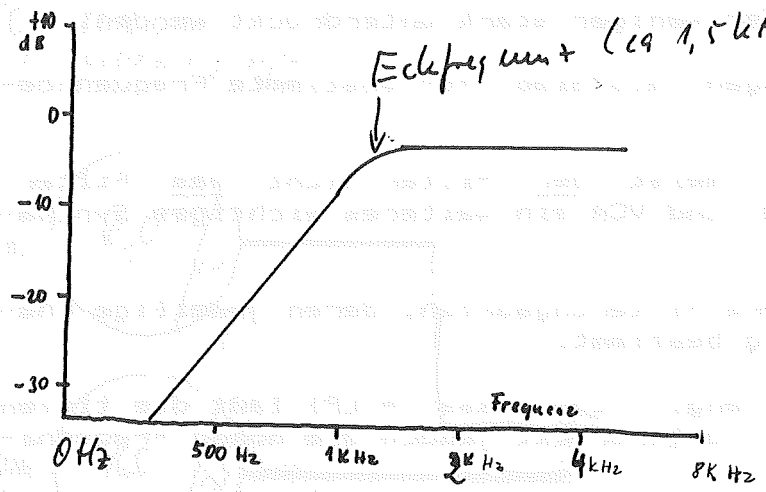


Abb. 23b
Hochpaßfilter

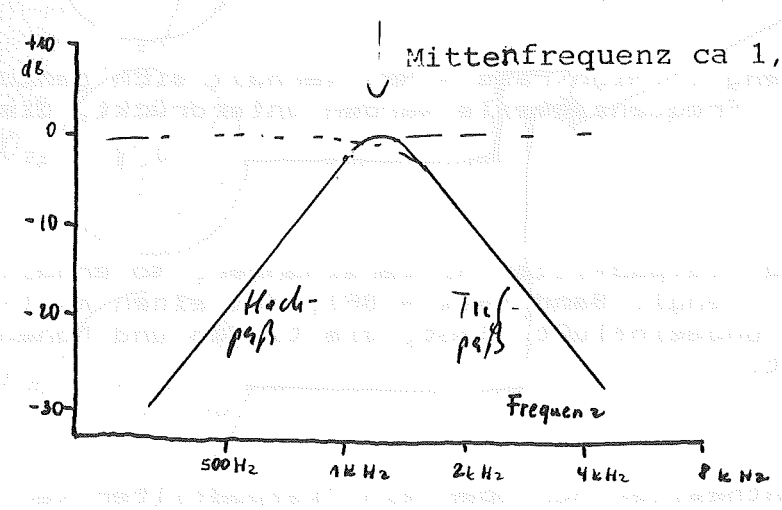


Abb. 24
Bandpaßfilter

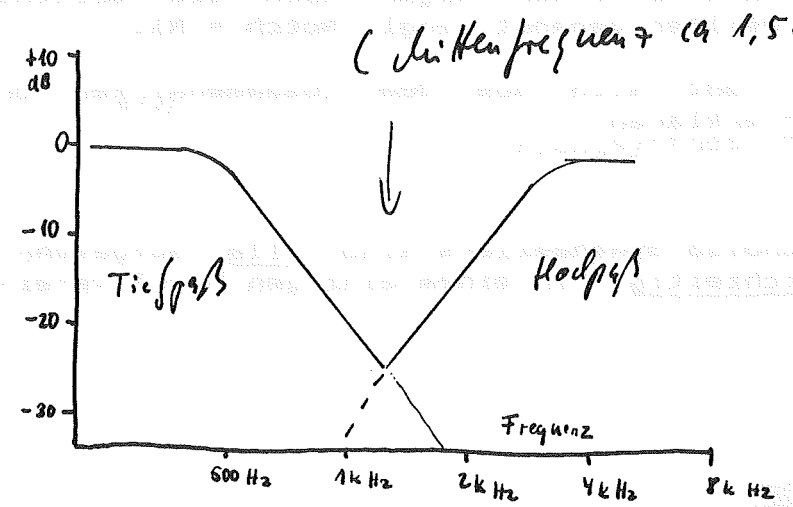


Abb. 25
Sperrfilter

nigt.

Man kann nun am Filter eine Frequenz einstellen, ab der die Wirkung der jeweils gewählten Filterart einsetzen soll.

Diese Stelle nennt man Eckfrequenz oder Grenzfrequenz (engl. Cut-Off-Point, Cut-Off-Frequency).

(Abb.26)

Bandpaß- und Sperrfilter haben zwangsläufig zwei derartige Eckfrequenzen. (Diese sind aufgrund schaltungstechnischer Bedingungen beim Soundlab-Filter nicht unabhängig voneinander beeinflußbar. Sollte dies ausnahmsweise einmal gewünscht werden, muß man zwei Filtermodule - eins als Hoch-, das andere als Tiefpaßfilter betrieben - hintereinanderschalten.

Die Steilheit der Unterdrückung ist bei verschiedenen Filterkonstruktionen unterschiedlich. Daß die Unterdrückung quasi schlagartig einsetzt, ist technisch noch nicht realisierbar. Anders ausgedrückt: die Wirkung des Filters setzt mehr oder weniger stark ein. Wie steil die Dämpfung ab der Eckfrequenz einsetzt, wird in dB (Dezibel) pro Oktave angegeben.

Die dB-Skala gibt ein bestimmtes Verhältnis der Dämpfung im Bereich einer Oktave an. Je größer der dB-Wert, desto steilflankiger arbeitet das Filter. Das "ideale" Filter würde durch eine senkrecht stehende Flanke gekennzeichnet sein.

Die Flankensteilheit eines Filters ist nicht mit der Qualität eines Filters hinsichtlich der musikalischen Wirkung gleichzusetzen.

Gebräuchliche Werte sind -12dB/Okt., -18dB/Okt. sowie -24dB/Okt.

Im Soundlab-System ist der Tiefpaß mit -18dB/Okt., der Hochpaß mit 12dB/Okt, Bandpaß und Notch mit -6dB/Okt. realisiert.

(Abb.27)

Der Soundlab-Filter verfügt aber noch über weitere wichtige Eigenschaften.

Man kann zusätzlich noch eine Überhöhung der Filterkurve im Bereich der Eckfrequenz erreichen, so daß alle Frequenzen, die direkt beim Einsatzpunkt des Filters liegen mehr oder weniger stark angehoben werden.

(Abb.28)

Diese Filtereigenschaft nennt man Q-Faktor, Resonanzeffekt

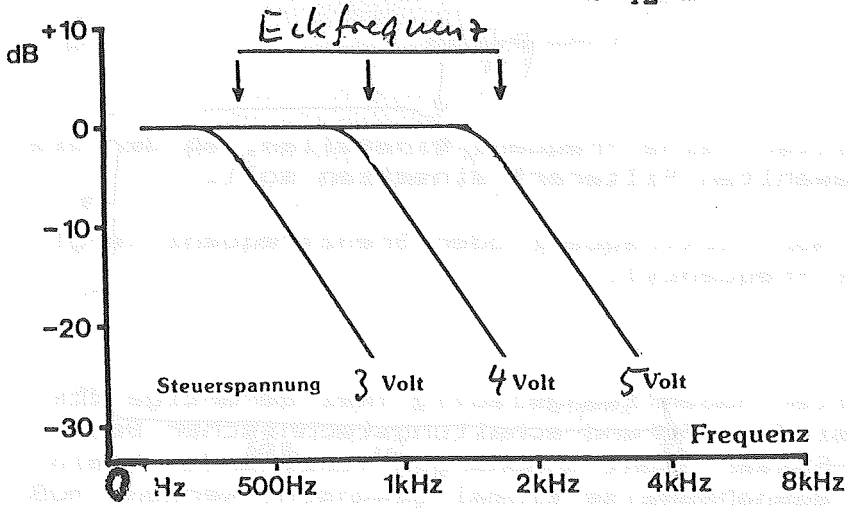


Abb. 26
Wirkung der Steuerspannung auf die Eckfrequenz des VCF

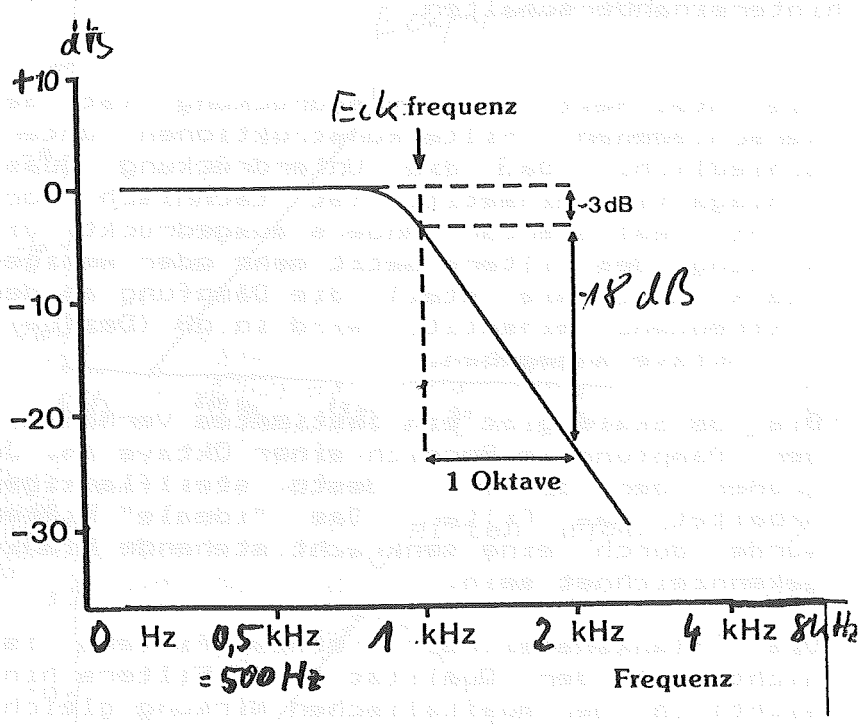


Abb. 27
Wirkung eines Tiefpaßfilters (Flankensteilheit - 18dB/Oktave

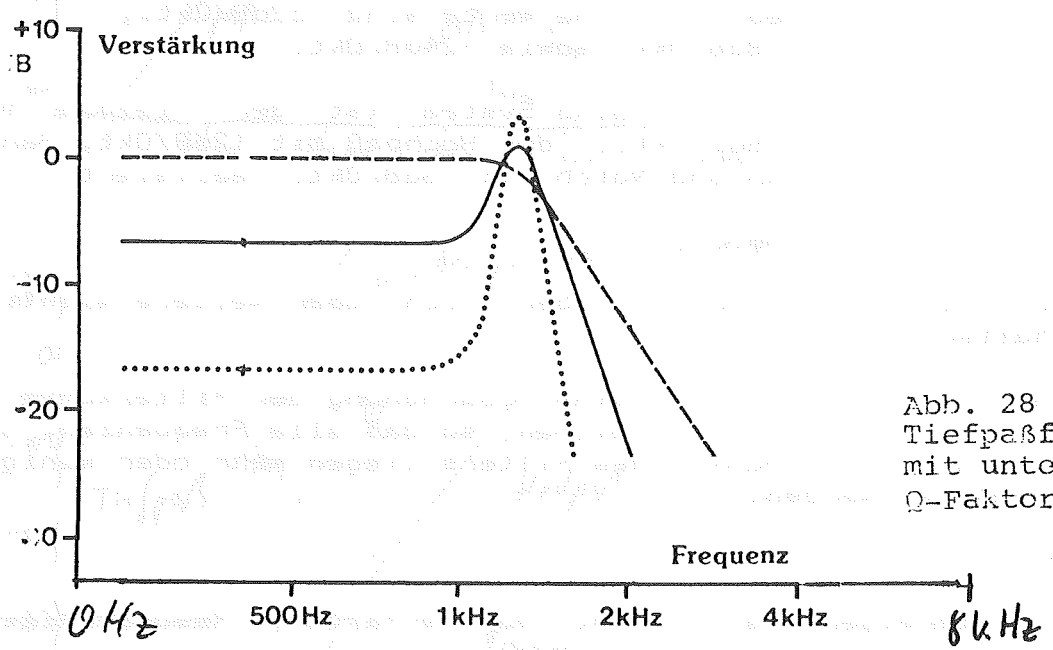


Abb. 28
Tiefpaßfilter mit unterschiedlichen Q-Faktoren

(engl. resonance, emphasis, regeneration, peak, feedback). Es handelt sich um eine (elektrische) Rückkopplung in der Filterschaltung, die im Bereich der Eckfrequenz zur Verstärkung der dortigen Frequenzen führt.

Mit dem Regler (Q) läßt sich der Verstärkungsgrad bestimmen. Es ist vorteilhaft, nach Erhöhung des Q-Faktors auch die Eckfrequenz mehrfach zu verändern, da die entstehenden Klangeffekte dann deutlicher bemerkt werden.

Hier kommt noch ein weiteres Phänomen ins Spiel. Wird eine starke Anhebung des Q-Faktors eingestellt, führt die Rückkopplung im Filter schließlich dazu, daß es zu schwingen beginnt (self oscillation).
In diesem Fall handelt es sich also nicht mehr um einen Filter, sondern um einen Oszillator , genauer, um einen Sinusoszillator, denn die entstehende Schwingung ist ein sehr sauberer Sinuston.
Seine Frequenz kann mit dem Cut-Off-Frequency-Regler eingestellt werden. Da die Steuerspannungs-Frequenz-Charakteristik beim Soundlab-VCF sehr präzise arbeitet, kann der VCF über weite Bereiche als Sinusoszillator genutzt werden.
(Abb.29)
Mit dem Erwerb eines Filters des Soundlab-Systems erhält man also gleichzeitig noch einen Sinusgenerator, der - mit kleinen Einschränkungen - auch zum Melodiespiel herangezogen werden kann. (Als Filter funktioniert das Modul dann nicht mehr. Die Signale, die am Eingang anliegen, werden nicht übertragen.)

Eine interessante Anwendung des Resonanzeffekts ist die Betonung der einzelnen Obertöne einer komplexeren Schwingung. Hebt man den Q-Faktor an (Q-Faktor-Regler aufdrehen bis kurz vor dem Punkt der Filteroszillation; der Filter darf nicht schwingen!), dann können die Obertöne eines beliebigen Klangs durch Verändern der Eckfrequenz (Cut-Off-Frequency-Regler) überdeutlich hörbar gemacht werden. Dieser Effekt (gelegentlich als Overtone-Scanning bezeichnet) gleicht einer Hörlupe, die über das Klangspektrum eines Tons bewegt wird.

Gibt man auf den Audioeingang des Filters einen Instrumental- oder Vokalklang (über Mikrophon oder durch Direktanschluß elektronischer oder elektroakustischer Instrumente wie E-Orgel oder E-Gitarre), so sind selbstverständlich auch diese Klänge durch alle Filterarten beeinflußbar und es lassen sich auch die jeweiligen Obertöne in der beschriebenen Art hervorheben, usw. usf.
(Abb.30)

(Abb. 30)

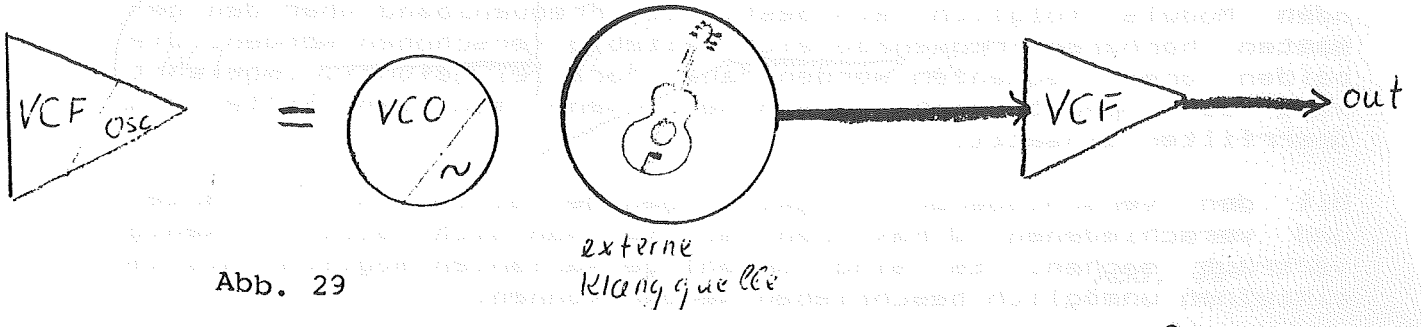


Abb. 29

Abb. 30

Die Filterwirkungen probiert man am besten mit einer Sägezahnschwingung aus, da diese aufgrund ihres reichen Teiltonspektrums den Filtereffekt am deutlichsten hörbar werden läßt.

Man lege die Sägezahnschwingung auf einen Audioeingang des Filters (Signal Var). Alle Regler (des Filters) sind auf Linksanschlag zu drehen. Die Frequenz der zu filternden Schwingung darf nicht zu hoch liegen.

Als erstes sollte man nun den Tiefpaß ausprobieren. Der entsprechende Ausgang (LP = Low Pass) wird an das Verstärkermodul angeschlossen.

(Abb.31)

Durch Drehen des Cut-OFF-Reglers (Fc), der die Eckfrequenz verschiebt, kann man die verschiedenen klanglichen Auswirkungen des Tiefpaßfilters auf die Sägezahnschwingung gut verfolgen.

Dreht man den Regler von rechts nach links in die Nullstellung, hört man deutlich, wie die hohen Frequenzanteile der obertonreichen Sägezahnschwingung mehr und mehr unterdrückt werden, bis endlich der Grundton selbst verschwindet. In diesem Fall liegt die Eckfrequenz bereits unter der Grundfrequenz des Tonsignals.

Das gleiche Experiment wiederholt man dann, indem die anderen Filterausgänge zum Ampmodul geführt werden. Die unterschiedliche Wirkungsweise der Filterarten ist gut unterscheidbar.

Man vergleiche die entstehenden Klangwirkungen der verschiedenen Filterarten danach durch Filterung des Rauschens. Statt des Oszillators braucht man bloß den Rauschgenerator auf den Audioeingang des Filters zu führen.
(Abb.32)

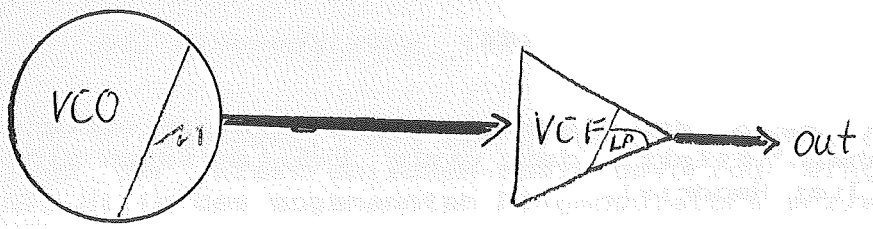
Auch der Soundlab-Filter bietet die Möglichkeit der Spannungssteuerung, weshalb wiederum präziser von einem VCF (engl. Voltage Controlled Filter = Spannungsgesteuerter Filter) gesprochen werden kann. Spannungssteuerbar ist zunächst einmal die Eckfrequenz, also die Einsatzstelle der Filterwirkung.

Folglich kann man nun statt manueller Regelung mit dem Cut-Off--Frequency-Regler auch durch Anschluß eines Joystick oder eines LFO über einen Steuerspannungseingang des Filters (z.B. CV-Fc Var) wie gehabt die Lage der Eckfrequenz über den gesamten hörbaren Frequenzbereich verschieben. Mit dem Level-Regler läßt sich auch hier die Stärke der Spannungssteuerung bestimmen usw.

Die Spannungssteuerung der Eckfrequenz gilt natürlich für jede der genannten Filterarten. Benutzt man beispielsweise den Bandpaß-Ausgang, so kann durch den Anschluß irgendeines steuernden Moduls folglich ein bestimmtes Frequenzband über den gesamten hörbaren Frequenzbereich beliebig verschoben werden. Die beiden Grenzfrequenzen werden dabei parallel geführt. Umgekehrt wird ein Sperrbereich verschoben, wenn man den Filter als Sperrfilter einsetzt.

Mit den verschiedenen Klangwirkungen der einzelnen Filterarten und verschiedenen Q-Faktoren sollte man sich jetzt ein wenig vertraut machen. Es sind unzählige Varianten möglich, die im einzelnen unmöglich beschrieben werden können.

So wie die Dreieckschwingung eines steuernden LFO beim VCO ein Vibrato und beim VCA ein Tremolo hervorrufen konnte, so erhält


VCO
VCF
LP
out

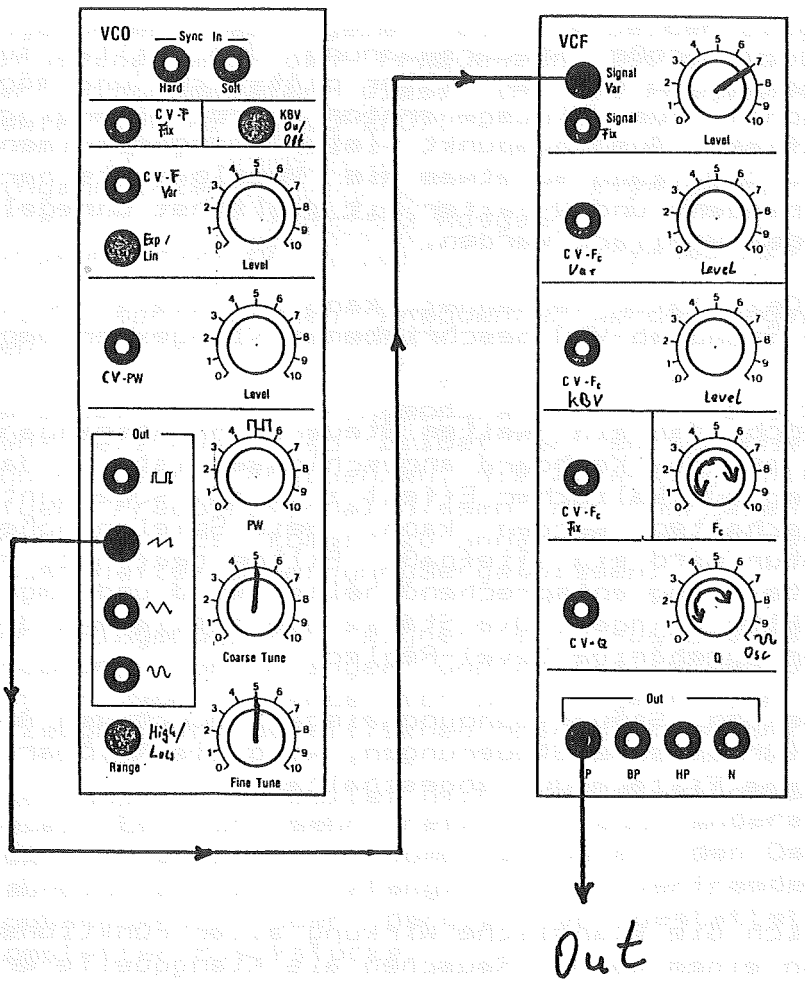

VCO
Sync In
Hard
Soft
CV-F Fix
KBV On/Off
CV-F Var
Exp / Lin
Level
CV-PW
Level
Out
PW
Coarse Tune
Range
High/Low
Fine Tune
VCF
Signal Var
Signal Fix
Level
CV-Fc Var
Level
CV-Fc kBV
Level
CV-Fc Fix
Fc
CV-Q
Q
Osc
Out
LP
BP
HP
N
Out

Abb. 31

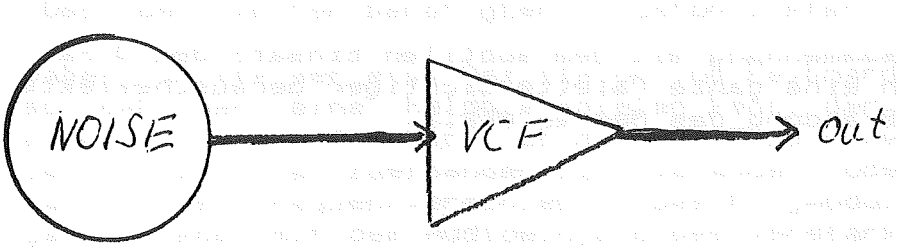

NOISE
VCF
out

Abb. 32

man beispielsweise durch die Steuerung eines Tiefpaß filters den berühmten "WahWah"-Effekt, den viele E-Gitarristen einsetzen (als erster Jimi Hendrix).

Seltener anzutreffen ist die Möglichkeit des Soundlab-VCF, zusätzlich zur Eckfrequenz den Q-Faktor über Spannungen steuern zu können (CV-Q in). Auch diese Einrichtung eröffnet wieder eine Unzahl verschiedener Klangwirkungen. Man muß dabei jedoch

beachten, daß eine zu große Steuerspannung den Filter zum Schwingen bringen kann, so daß der Filter plötzlich (und möglicherweise unerwünscht) zum Sinusgenerator wird. Allerdings kann auch dieser Effekt Ausgangspunkt vieler klangexperimenteller Vorgänge sein. Z.B. kann so etwas wie 'Vogelgezwitscher' entstehen, wenn Eckfrequenz und Q-Faktor mit möglichst unregelmäßigen Steuerspannungen variiert werden.

Wird der Filter als Oszillator verwendet, kann man viele der im Zusammenhang mit dem Soundlab-VCO beschriebenen Klangexperimente hier wiederholen.

Zu erwähnen bleibt noch, daß ein zweiter Steuerspannungseingang (CV-Fc KBV) intern an das Keyboard angeschlossen ist, so daß als häufig gewünschter musikalischer Effekt z.B. das sogenannte "Keyboard-Tracking" erhalten werden kann. Beim Spielen hoher Töne auf der Tastatur wird ein (Tiefpaß-) Filter geöffnet, so daß der programmierte Klang entsprechend heller wird und umgekehrt tiefe Töne dunkler klingen. Die Stärke des Mitziehens der Eckfrequenz regelt der zugehörige Level-Regler.

Benutzt man den zweiten Steuerspannungseingang durch den Anschluß eines Kabels für externe Steuerungen, wird die Keyboardspannung automatisch vom Filtermodul abgeschaltet!

Eindrucksvoll läßt sich die klangliche Wirkung aller Funktionsweisen des Filters an einem weißen Rauschen als Klangquelle erarbeiten.

Alle aufgezeigten Versuche sollte man unbedingt in einem zweiten Durchgang mit einem angeschlossenen Rauschgenerator durchführen.

Vor allem im Zusammenhang mit dem subtilen Einsatz des Q-Faktors eröffnet sich eine ganze Palette wichtiger Geräuscheffekte (pfeifender Wind, Brandung des Meeres etc.).

bc. *Ringmodulator (RM)*

Ein Klangeffekt, den vor allem die avantgardistischen Komponisten der Elektronischen Musik bevorzugt eingesetzt haben, wird mit Hilfe des sogenannten Ringmodulators erzielt.

Hierbei handelt es sich um eine elektronische Schaltung, die die Frequenzen zweier Klangsignale addiert und subtrahiert.

Es müssen also immer zwei Klangquellen angeschlossen werden, damit eine Wirkung des Ringmodulators zustandekommt.

Angenommen, wir geben auf die beiden Eingänge des Moduls zwei Sinustöne mit den Frequenzen 200 und 500 Hz, dann verwandelt der Ringmodulator diese in die Frequenzen 700 Hz (200+500) sowie 300 Hz (500-200).

```
Eingang x=200 Hz                    x+y=700 Hz
                  -----> Ausgang
Eingang y=500 Hz                    x-y=300 Hz
```

Die ursprünglichen Frequenzen werden dagegen nicht durchgelassen.

Verarbeitet der Ringmodulator komplexere Schwingungen mit vielen Teiltönen, so bildet er entsprechend viele addierte und subtrahierte Frequenzen, die allerdings nicht mehr den ganzzahligen Frequenzverhältnissen der normalen Teiltonstruktur entsprechen. Es kommt zu unharmonischen, recht komplexen, ja geräuschhaften Schwingungsergebnissen.

Der Ringmodulator eignet sich besonders zur drastischen Verfremdung von Klängen und musikalischen Strukturen, zur Realisation von "Science-Fiction"-Klangeffekten (Roboterstimmen), zur Erzeugung von metallischen oder glockenähnlichen Tönen u.v.a.m.

Das Modul verarbeitet nicht nur elektronisch erzeugte Klangsignale. Es ist sehr reizvoll, auch andere Instrumente, Stimmen usw., vielleicht in Kombination mit den Oszillatoren des Soundlab-Synthesizers, klanglich zu verfremden. Der Anschluß eines Tonbandgeräts oder dergleichen gestattet die Ringmodulation kompletter Musikstücke.

Als Anfangsexperiment wird vorgeschlagen, zunächst zwei Sinusschwingungen zu ringmodulieren. Verfügt man nur über einen VCO, kann der schwingende Filter (Q-Faktor-Regler in der Stellung (Osc) den zweiten benötigten Sinuston liefern.

Dabei sollte der eine Oszillator vom Keyboard gesteuert werden, so daß man eine Melodie spielen kann, der andere dagegen von einem LFO oder Joystick, so daß das Frequenzverhältnis der beiden Generatoren zueinander sich verändert oder verändert werden kann. Die Frequenzverschiebung des Ringmodulators (dessen Ausgang wieder mit dem Audioeingang des Verstärkers verbunden sein muß) ist dann besonders gut zu hören.

(Abb. 33a,b)

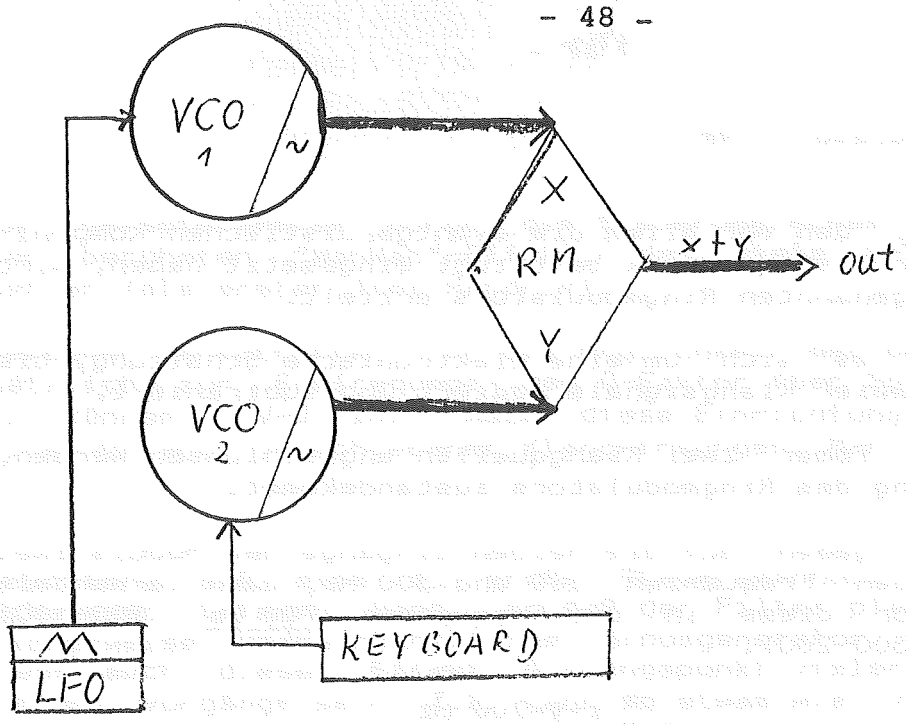


Abb. 33a

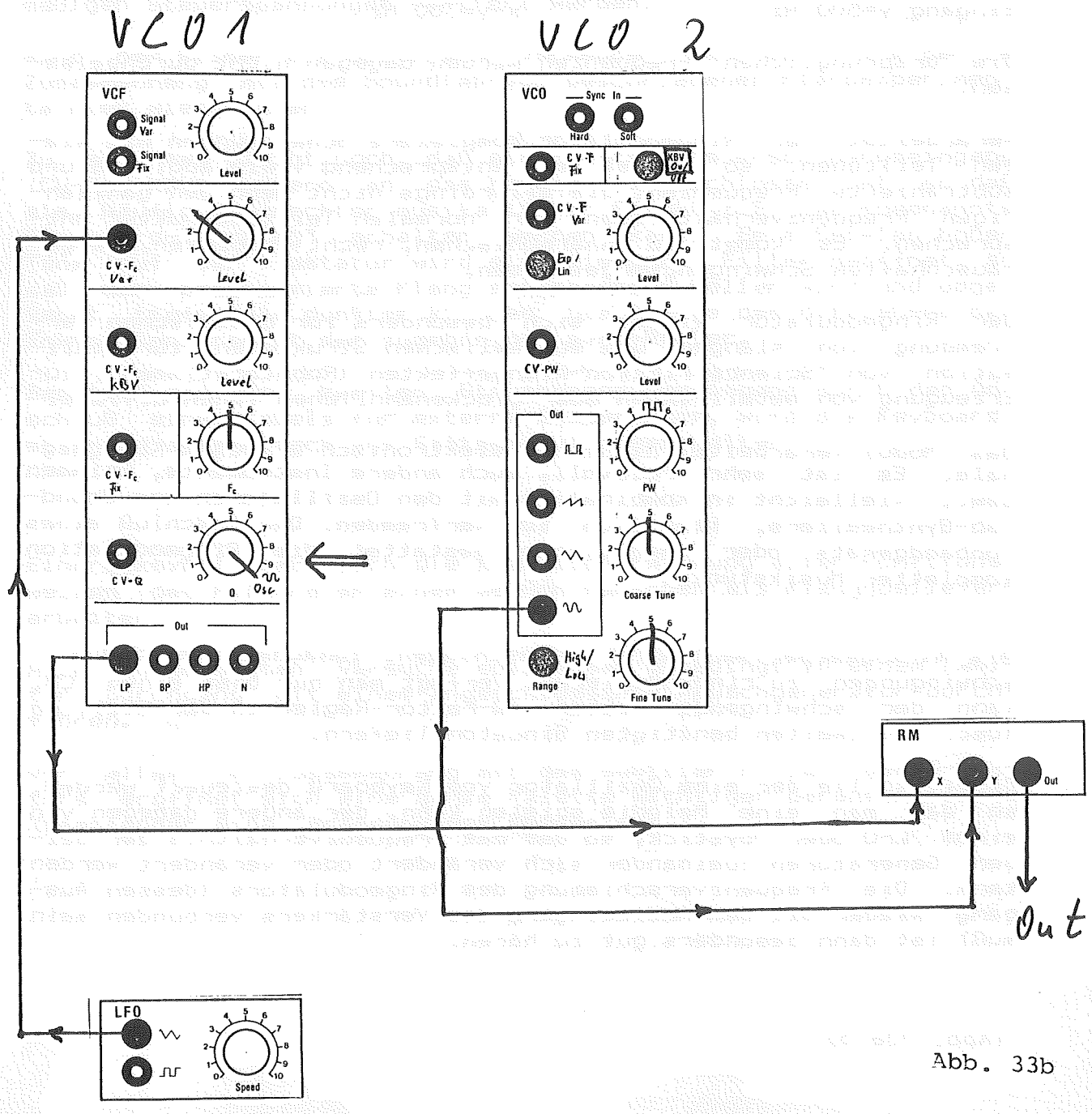


Abb. 33b

Auch der Rauschgenerator kann als Schwingungsquelle mit einem VCO über den Ringmodulator gekoppelt werden, was sehr rauhe, geräuschhafte Klangergebnisse zur Folge hat. Wird Sprache - etwa mit einer Rechteckschwingung - ringmoduliert entstehen metallisch-krächzende Roboterstimmen.

Sinnvoll kann auch die Ringmodulation zweier Schwingungen eines einzelnen VCO sein. Aufgrund der gleichen Phasenlage beider Schwingungen wirkt der Ringmodulator als Frequenzverdoppler. Man nutze in diesem Fall auch die Möglichkeit, ein Rechtecksignal einzubeziehen, daß z.B. von einem langsam schwingenden LFO pulsweitenmoduliert wird.

(Ab.34)

Glockenähnliche Klangstrukturen sowie andere Effekte des Ringmodulators kann man auch durch die Spannungssteuerung eines VCO mit einem anderen VCO erzeugen, wenn die Frequenz des steuernden Oszillators im Audiobereich liegt (Range-Schalter auf 'High'). Der Unterschied zwischen Audiosignalen und Steuerspannungen verwischt sich in diesem Fall. Denn die Audioschwingungen des steuernden Moduls dienen dann als Steuerspannungen. Das ist prinzipiell immer möglich, wenn auch nicht immer brauchbar.

(Abb.35)

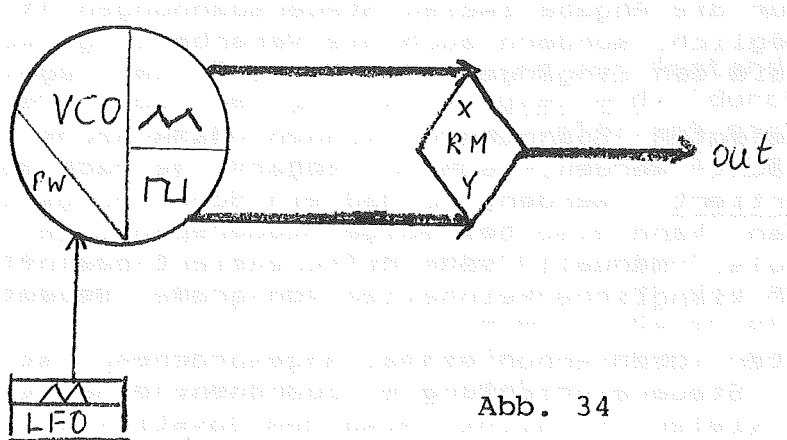


Abb. 34

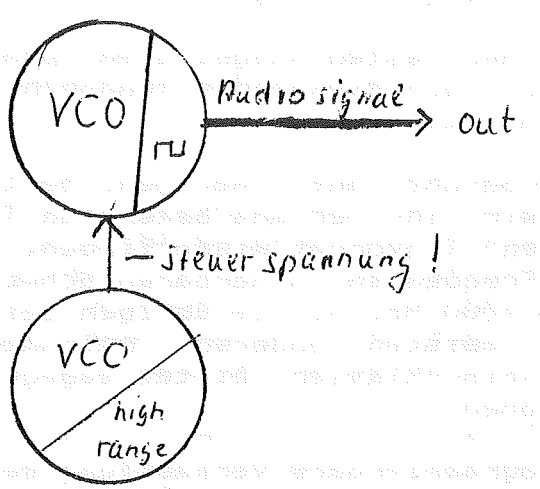


Abb. 35

2.ca. *Das Keyboard*

Wir haben bisher hauptsächlich die Klangerzeugung mit Hilfe von Ton- und Rauschgeneratoren (VCO, Noise, schwingendes Filter) sowie die Klangverarbeitung hinsichtlich der Lautstärke mit dem Verstärker bzw. Abschwächer (VCA) und der Klangfarbe mit Filter (VCF) und Ringmodulator betrachtet.

Es gibt jedoch eine Reihe weiterer Synthesizermodule, die speziell für Steuerungszwecke benötigt werden, damit die Klanggestaltung zu differenzierten Ergebnissen führen kann.

Einige dieser Module haben wir bereits kennengelernt und eingesetzt, so daß die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der bisher vorgestellten Module ansatzweise bereits sichtbar werden konnten.

Dazu gehören der Joystick, der die manuelle Einflußnahme auf Klangvorgänge erleichtert, oder der LFO, der sehr langsame Schwingungen (im Subaudiobereich) liefert, die der (automatischen) Klangmodulation dienen können.

Eine Besonderheit des Joystick-Moduls sei noch am Rande erwähnt:
nicht nur die Abgabe zweier Steuerspannungen (X Out, Y Out) ist damit möglich, sondern auch die Verarbeitung zweier Steuerspannungen, die den Eingängen 'X In' und 'Y In' zugeführt werden.

Die angelegten Spannungen können dann nicht nur per Joystick abgeschwächt werden, sondern sogar - je nach Bewegungsrichtung - invertiert werden, so daß ein Schwingungsverlauf umgekehrt wird. Man kann also beliebige Steuerspannungen, z.B. die eines LFO-Modduls, manuell sehr differenziert beeinflussen, was wiederum für klangliche Feinheiten von großer Bedeutung ist.

Wie weiter oben schon einmal angesprochen, ist auch die Tastatur als Steuereinrichtung einzuordnen, eine Steuereinrichtung, die in vieler Hinsicht etwa dem Joystick ähnelt, nur daß die durch das Spiel auf den Tasten entstehenden Steuerspannungen bereits in einer ganz bestimmten Weise programmiert sind. Man erinnere sich an die zugrundeliegende 1 V/Okt.-Charakteristik.

Aufgrund der mit den Tasten ausgelösten Spannungen springt ein angeschlossener VCO auf diejenigen Tonhöhen, die unserem musikalischen Tonsystem entsprechen.

Dieses Tonsystem beruht auf einer ganz bestimmten Auswahl von Frequenzen, die wir in der uns bekannten Tonleiter als musikalisch verwerteten Tonvorrat wiederfinden. Eigentlich gibt es unendlich viele Frequenzen im hörbaren Schwingungsbereich zwischen 20 und 20 000 Hz, die im übrigen beim Synthesizer - im Gegensatz zu den meisten anderen Instrumenten - ausnahmslos verfügbar sind. (Ein Klavier bietet dagegen nur eine Auswahl von möglichen Tonhöhen.)

Durch die frei programmierbare Verkabelung des Soundlab-Systems ist es durchaus möglich, auch andere als die üblichen durch Halbton- bzw. Ganztonschritte gekennzeichneten Tonleitern unseres bekannten Tonsystems aufzubauen.

Schließt man die Tastatur (mit externer Verkabelung) an den regelbaren VC-Eingang eines Oszilators an, entsteht aufgrund der mit dem Level-Regler bestimmbaren Verringerung der vom Keyboard abgegebenen Spannungsgrößen eine gewissermaßen 'gestauchte' Tonleiter. Was im Normalfall etwa einen Oktavsprung ergibt, z.B. das Drücken benachbarter C-Tasten, gerät zu einem Intervall, daß - je nach Stellung des Level-Reglers - deutlich kleiner ist. Der Stauchungsgrad ist mit dem Regler des VCO beliebig einstellbar. Der Druckschalter 'KBV' am VCO muß auf 'Off' stehen, damit die interne Verbidnung zum Keyboard unterbrochen wird.

Auf diese Weise lassen sich kleinste Tonstufen realisieren, z.B. Viertelton- oder Achteltonschritte, wie sie in Kompositionen der zeitgenössischen Musik anzutreffen sind.

Auch größere Intervalle als normalerweise vorgesehen können für das Tastenspiel programmiert werden, indem einfach die Keyboardspannung am KBV-Modul noch einmal abgenommen wird und zusätzlich zu der intern am VCO bereits anliegenden Spannung (Druckschalter KBV On) auf einen Steuerspannungseingang, am besten auf den Eingang 'CV-F Var' gegeben werden. Mit dem Level--Regler sind dann verschiedene Intervallgrößen regelbar.

Die Glide-Einrichtung des Keyboards ist ebenfalls eine Funktion, die die Aufhebung der gestuften Spannungsabgabe des Keyboards bewirkt.

Je nach Stellung des Glide-Reglers wird der Abstand zwischen zwei Tasten mehr oder weniger rasch gleitend 'durchfahren'; der Übergang von einem Ton zum nächsten vollzieht sich stufenlos, als ließe ein Geiger den Finger auf einer Saite hin- und hergleiten.

Wird der Glide-Effekt (auch Portamento genannt) mit einem schnellen Gleittempo eingesetzt, kann er auch das melodische Spiel in klanglich reizvoller Weise beleben, da er eine häufig bei Sängern und Bläsern anzutreffende Tongebung, das leichte Hineingleiten in den gewünschten Ton, imitiert.

Langsame Gleitgeschwindigkeiten sind eher für bestimmte Klangeffekte, z.B. in Verbindung mit der Steuerung eines Filters durch das Keyboard, sinnvoll.

Das Bedienungsfeld des Soundlab-Keyboards weist noch einige bisher nicht genannte Eigenschaften auf.

So läßt sich die Keyboardspannung mit einer externen Spannungsquelle steuern ('CV In' auf dem KBV-Modul über dem Netzanschluß), d.h. alle Möglichkeiten der Steuerung mit Joystick oder LFO bzw. noch nicht besprochenen Steuereinrichtungen können die Spannung des Keyboards beeinflussen. Es handelt sich sozusagen um ein "VC-Keyboard". Die Stärke der einwirkenden Spannung kann mit dem Regler 'KBV Mod', der direkt über dem Joystick zu finden ist, beeinflußt werden.

Der Vorteil liegt darin, daß alle an der Tastatur angeschlossenen VCOs ein gleiches Vibrato vollziehen, wenn ein LFO das Keyboard steuert. Die Stärke des Vibratos wird mit

'KBV-Mod' des Keyboards eingestellt. (Abb. 36)

Bei vielen Synthesizern wird der Eingang 'CV In' mit FM (= Frequenzmodulation) bezeichnet, da eine Keyboardsteuerung meist zur Frequenzmodulation der angeschlossenen VCOs genutzt wird. Damit wäre jedoch eine begriffliche Einschränkung der vielen Möglichkeiten des Keyboards vollzogen. Wie wir wissen, kann die Keyboardspannung auch zur Steuerung anderer Module dienen.

Wird die Tastatur mit einem VCA verbunden, könnte man z.B. mit den Tasten "Lautstärken spielen". Ein angeschlossener LFO brächte alle vom Keyboard gesteuerten VCAs zur Erzeugung eines Tremolos (= Amplitudenmodulation), usw. usf.

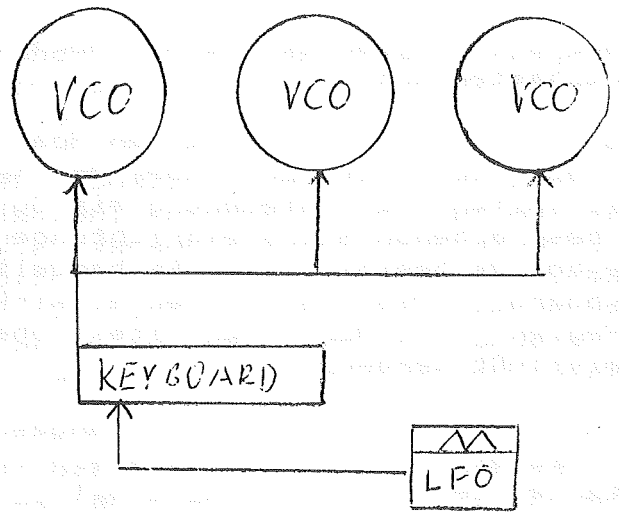
Vorteilhaft ist die Grob- und Feineinstellung (Coarse- und Fine-Regler) des Soundlab-Keyboards. Damit läßt sich der Synthesizer leicht stimmen. Angeschlossene VCOs müssen nicht einzeln auf die gewünschte Tonhöhe eingestimmt werden.

Ein weiterer Vorzug des Soundlab-Keyboards wurde anfangs schon einmal angesprochen, nämlich die Möglichkeit, eine zweite Steuerspannung entnehmen zu können (KBV-2 auf dem Keyboard-Interface), die ebenfalls vom Tastenspiel abhängig ist. Daher handelt es sich praktisch um ein duophones Keyboard, mit dem man zweistimmig spielen kann, sofern man über zwei Oszillatoren verfügt, die man anschließen kann. (Zur Erinnerung: auch der Filter kann als VCO eingesetzt werden, wenn man ihn zum Schwingen bringt)

Die zweite Keyboardspannung erzeugt jedoch nicht unabhängig von der ersten ein eigenes Gatesignal, so daß die melodische Führung der beiden Stimmen gewissen Einschränkungen unterworfen ist.

Man kann die zweite Keyboardspannung aber auch etwa zur Steuerung eines Filtereffektes nutzen. Mit der linken Hand kann man z.B. eine Melodie spielen, mit der rechten 'spielt' man dann eine gewünschte Klangfarbe.

(Abb. 37)



Frequenzmodulation über das Keyboard

Abb. 36

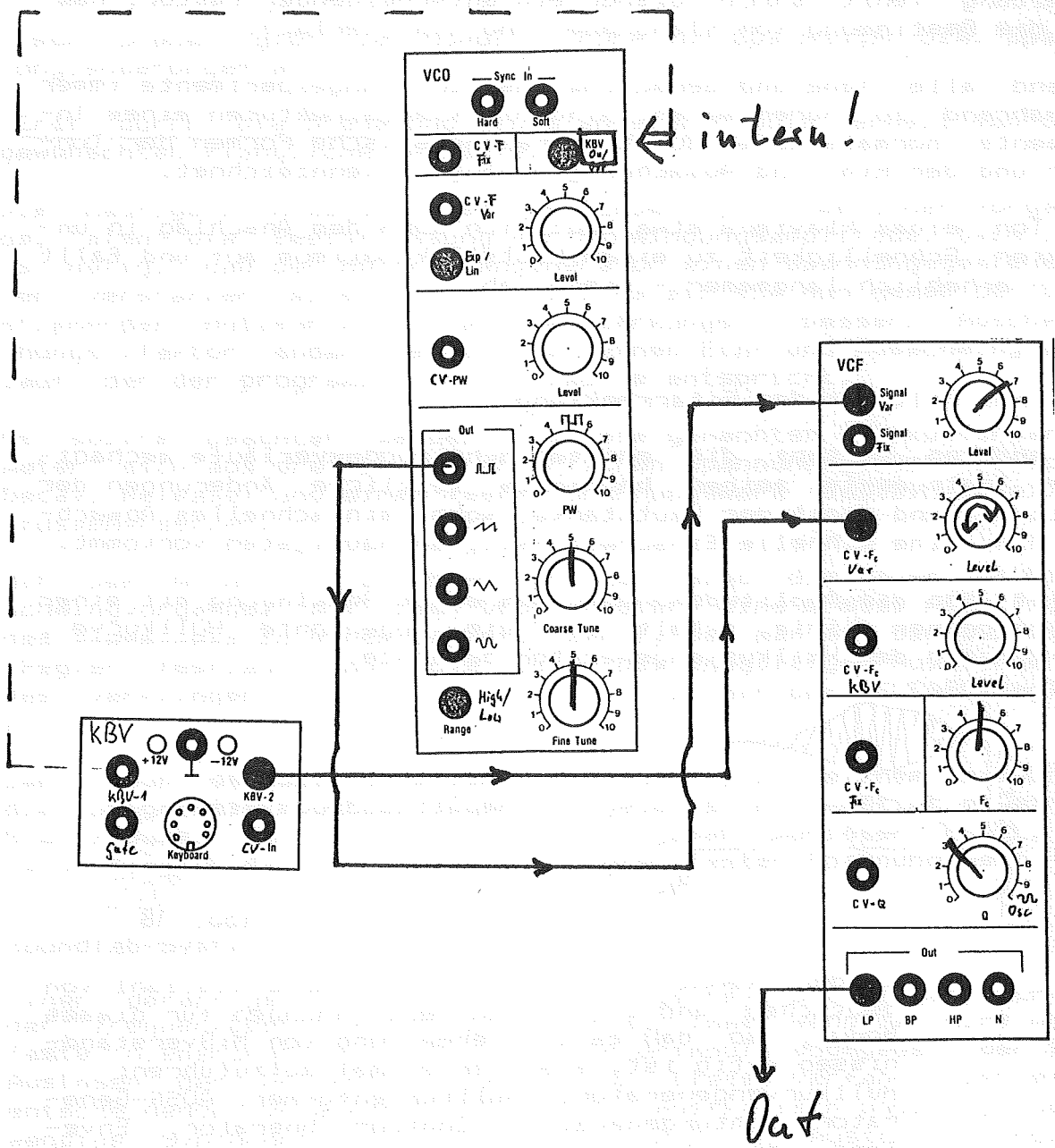

VCO
Sync In
Hard
Soft
CV-F Fix
KBV On/Off
CV-F Var
Exp / Lin
Level
CV-PW
Level
Out
PW
Coarse Tune
Range
High/ Low
Fine Tune
KBV
+12V
-12V
KBV-1
KBV-2
Gate
KeyBoard
CV-In
VCF
Signal Var
Signal Fix
Level
CV-Fc Var
Level
CV-Fc KBV
Level
CV-Fc Fix
Fc
CV-Q
Q
Osc
Out
LP
BP
HP
N
intern!
Out

Abb. 37

2.cb. *Der Hüllkurvengenerator*

Eines der wichtigsten Steuermodule neben Keyboard und LFO ist zweifellos der Hüllkurvengenerator .

Trotz all der aufgezeigten Möglichkeiten elektronischer Klanggestaltung fehlt doch bisher ein entscheidender Faktor, nämlich die Bestimmung von Klangdauer und Klangverlauf.

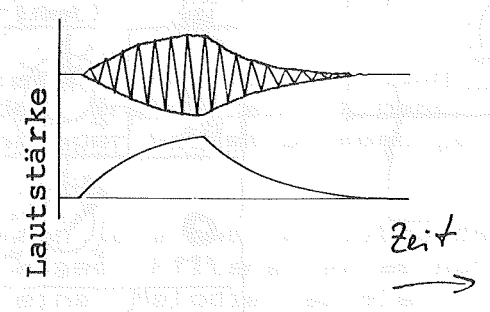
Während alle Töne und Geräusche unserer Klangexperimente immer fortwährend zu hören waren, sind die Klangstrukturen eines Instruments normalerweise durch charakteristische Formen der Tondauer und der Ein- und Ausschwingvorgänge gekennzeichnet.

Der Ton eines Klaviers etwa baut sich nach dem Anschlag in ungeheurer Schnelligkeit zu einem Lautstärkemaximum auf und fällt dann - erheblich langsamer - wieder ab.

Ähnliches gilt für den Gitarrenklang.

Mit anderen Worten: die meisten Schwingungsverläufe mechanischer Instrumente zeigen bestimmte zeitliche Änderungen der Amplitude und damit der Lautstärke, wobei ein schnelles Anwachsen, d.h. eine schnelle Einschwingzeit, am häufigsten vorkommt.

Umhüllt man die Amplitudenänderungen einer Schwingung mit einer durchgezogenen Linie erhält man die sogenannte Hüllkurve , nach der man den Hüllkurvengenerator benannte.



Hüllkurve einer Amplitudenmodulation

Abb. 38

Leider kennt man eine babylonische Vielzahl von deutschen und englischen Bezeichnungen für dieses Modul, so daß es zur Vermeidung von Mißverständnissen nötig ist, sie hier einmal aufzuführen: Hüllkurvengenerator, Hüllkurvenformer, ADSR-Generator, Konturgenerator, Contour Gnerator, Envelope Generator (=EG) Envelope Shaper. (Es ist fraglich, ob die Liste vollständig ist.)

Lautstärkenverläufe bzw. dynamische Eigenschaften von Tönen, Geräuschen und Klangunterbrechungen (Pausen) sind für musikalische Strukturen naturgemäß unentbehrlich, so daß erst mit der Beeinflussung dieser musikalischen Größe alle Elemente musikalischer Klanggestaltung wirklich in unserer Hand liegen.

Erst jetzt wird der Synthesizer zum vollwertigen Musikinstrument, erst jetzt ist der elektronische Klangbaukasten mit den wichtigsten Bauelementen ausgestattet.

Die meisten Hüllkurvengeneratoren in Audiosynthesizern sind i.allg. durch vier Größen (Parameter) gekennzeichnet, die sämtlich variiert werden können. Es sind die Anstiegszeit (engl. Attack time), die erste Ausklingphase (engl. Decay time), der Haltepegel oder Haltewert (engl. Sustain Level) und die zweite, endgültige Ausklingzeit (engl. Release Time).

Einen Hüllkurvengenerator, der mit diesen Größen arbeitet, nennt man - den Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnungen entsprechend - auch ADSR-Generator .

Diese Größen gibt das Modul in Form von Spannungen bzw. Spannungsänderungen ab.

Erst durch die Steuerung eines anderen Moduls erhält man die gewünschten klanglichen Abläufe.

Die häufigste Anwendung ist die Steuerung dynamischer Vorgänge, also die Beeinflussung der Schwingungsamplitude. Dazu ist es nötig, daß der Hüllkurvengenerator einen spannungsgesteuerten Verstärker, einen VCA, regelt. Da ein VCA nun gemäß der bestimmenden Hüllkurve seinen Verstärkungs- (besser: Abschwächungs-)faktor ändert, erhält man einen Ein- und Ausschwingverlauf, der der programmierten Hüllkurve entspricht.

Es sollte beachtet werden, daß die genannten Hüllkurvenparameter sich aus drei zeitveränderlichen Spannungsgrößen (Attack, Decay, Release) und einem festen Spannungswert (Sustain Level) zusammensetzen.

Mit dem ATTACK-Regler bestimmt man also die Dauer des Einschwingvorgangs, mit dem DECAY-Regler eine erstes Ausklingen des Tons bis zu einem Lautstärkewert, den man mit dem SUSTAIN--Regler festlegt, und die Dauer des endgültigen Ausklingens, des Verklingens eines Tons stellt man mit dem RELEASE-Regler ein.

Damit nun der Hüllkurvengenerator "weiß", zu welchem Zeitpunkt die programmierten Spannungen abzugeben sind, benötigt er einen Startimpuls, den man Trigger (sinngemäß: Auslöser) nennt. Es handelt sich dabei um einen bestimmten festen Spannungswert (im

Soundlab-System beträgt er +5 Volt).

Einen derartigen Triggerimpuls gibt das Keyboard (zusätzlich zu der frequenzbestimmenden Spannung) ab. Immer wenn man eine neue Taste niederdrückt, wird ein Triggerimpuls abgegeben, der zum Auslösen der Hüllkurve dienen kann. Dieses Verfahren ist eine entscheidende Voraussetzung für die musikalisch unbedingt notwendige Synchronität der dynamischen Ein- und Ausschwingvorgänge und des Tastenspiels.

Genaugenommen gibt die Tastatur aber nicht nur einen (eigentlich sehr kurzen) Triggerimpuls ab, sondern eine sogenannte Gate spannung (Torspannung) von ca. 5 Volt, die solange von der Tastatur abgegeben wird, wie eine Taste gedrückt bleibt.

Das Ende einer Gatespannung (beim Loslassen der Taste) wird nämlich ebenfalls vom Hüllkurvengenerator als steuernde Information 'verstanden', denn dann wird die Release-Phase eingeleitet.

Solange eine Taste gedrückt bleibt, verharrt der Hüllkurvengenerator (nach Ablauf der Decay-Phase!) auf dem eingestellten Sustain Level. Erst beim Loslassen wird also der restliche Ab-

schnitt der Hüllkurve, die endgültige Ausklingphase, freigegeben.

(Abb. 39 a)

> Eigentlich gibt es die bei Synthesizern der ersten Generation noch anzutreffende Trennung von Triggerimpuls und Gatespannung überhaupt nicht mehr. Der Beginn der Gatespannung wird als Triggerimpuls von der Elektronik des Hüllkurvengenerators gewertet. Es handelt sich also im Prinzip allenfalls noch um eine Kombination von Trigger und Gate.

Der Hüllkurvengenerator des Soundlab-Systems weist gegenüber einem üblichen ADSR-Generator allerdings noch eine Reihe von Besonderheiten auf, die zwar das erste Verständnis des Hüllkurvenprinzips nicht gerade erleichtern, jedoch nach der erfolgreichen Bewältigung der Anfangsschwierigkeiten eine Reihe entscheidender klanglicher und musikalischer Vorteile beinhalten.

So gibt es noch eine weitere einstellbare Phase, die Delay Time, eine Verzögerungszeit, um die der Beginn der Attack Time nach der Triggerung des Hüllkurvengenerators hinausgeschoben wird. Stellt man also die Delay Time auf etwa 1 sec, dann beginnt die Hüllkurve erst eine Sekunde nach dem Tastendruck ihren Ablauf. Der Soundlab-Hüllkurvengenerator ist also eigentlich ein Delay-ADSR-Generator.

(Abb. 39 b)

Eine weitere Besonderheit stellt die Möglichkeit dar, per Schalter eine unabhängig von der Gatespannung verlaufende ADR-Charakteristik zu wählen, wie man sie für klavierähnliche Hüllkurvenverläufe braucht. Die Gatespannung dient in diesem Fall als reiner Triggerimpuls.

(Abb. 40 d,e)

Auch hier erlaubt eine spezielle Schaltungstechnik wiederum die Programmierung differenzierter Klangverläufe. Mit dem Sustain--Regler kann man einen sogenannten Schwellwert einstellen, ab dem die Decay-Phase in die Release-Phase übergeht.

Besonders erwähnenswert ist auch die Abhängigkeit aller zeitlichen Parameter vom Ende der Gatespannung im ADSR-Modus. Das bedeutet, daß die Hüllkurve bei der Freigabe der Taste sofort mit der Release Time beginnt, so daß die Attack- bzw. die Decay-Phasen an beliebigen Punkten unterbrochen werden.

Schließlich ist als verhältnismäßig selten anzutreffende Besonderheit die Steuerbarkeit aller Hüllkurvenparameter zu nennen. Alle aufgezeigte Größen (außer Delay), also Attack, Decay, Sustain und Release, sind spannungssteuerbar.

Dies eröffnet die Realisation einer stattlichen Reihe subtil geformter Klangverläufe, auf die wir noch zu sprechen kommen.

Der Hüllkurvengenerator des Soundlab-Synthesizers muß also korrekterweise als VC-ADSR, genauer, als Delay-VC-ADSR, bezeichnet werden.

Die ADSR-Hüllkurve

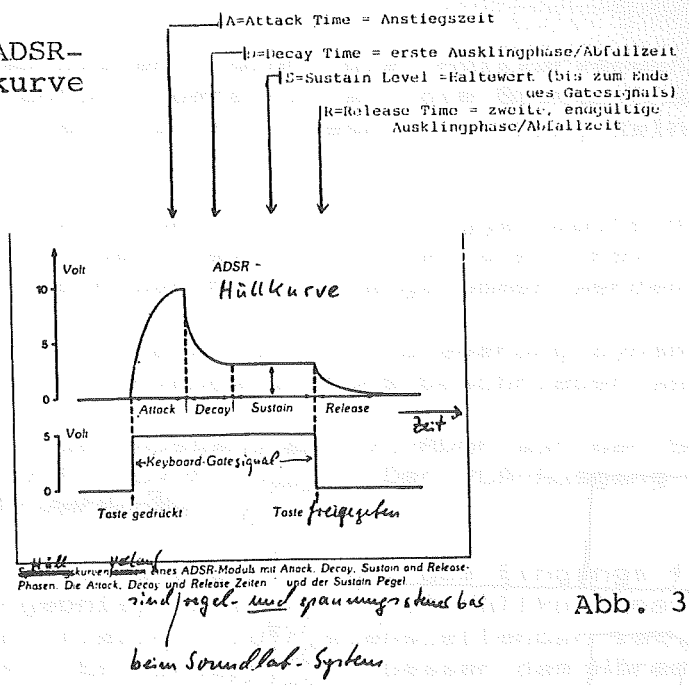


Abb. 39a

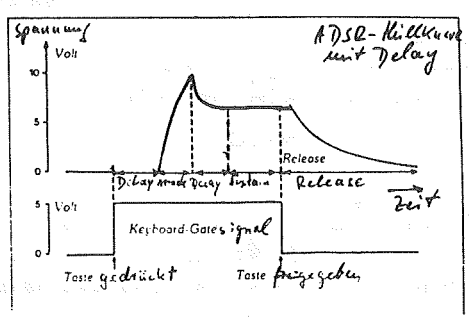


Abb. 39b

Amplitudenänderung mit einer Hüllkurvensteuerung (Ein- und Ausschwingvorgang)

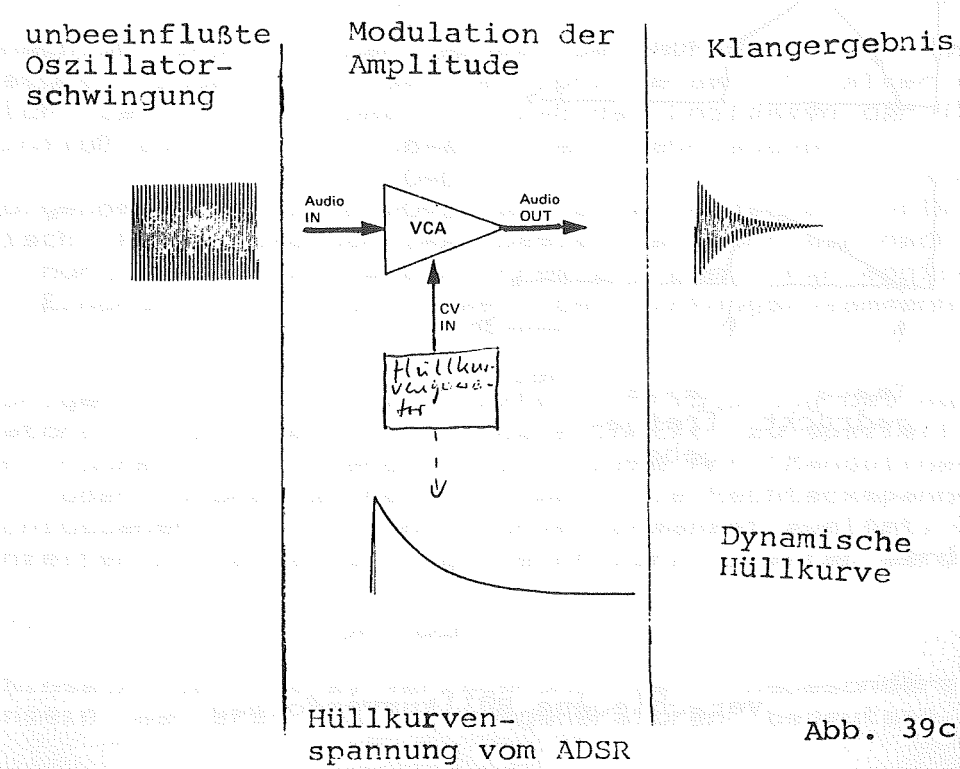
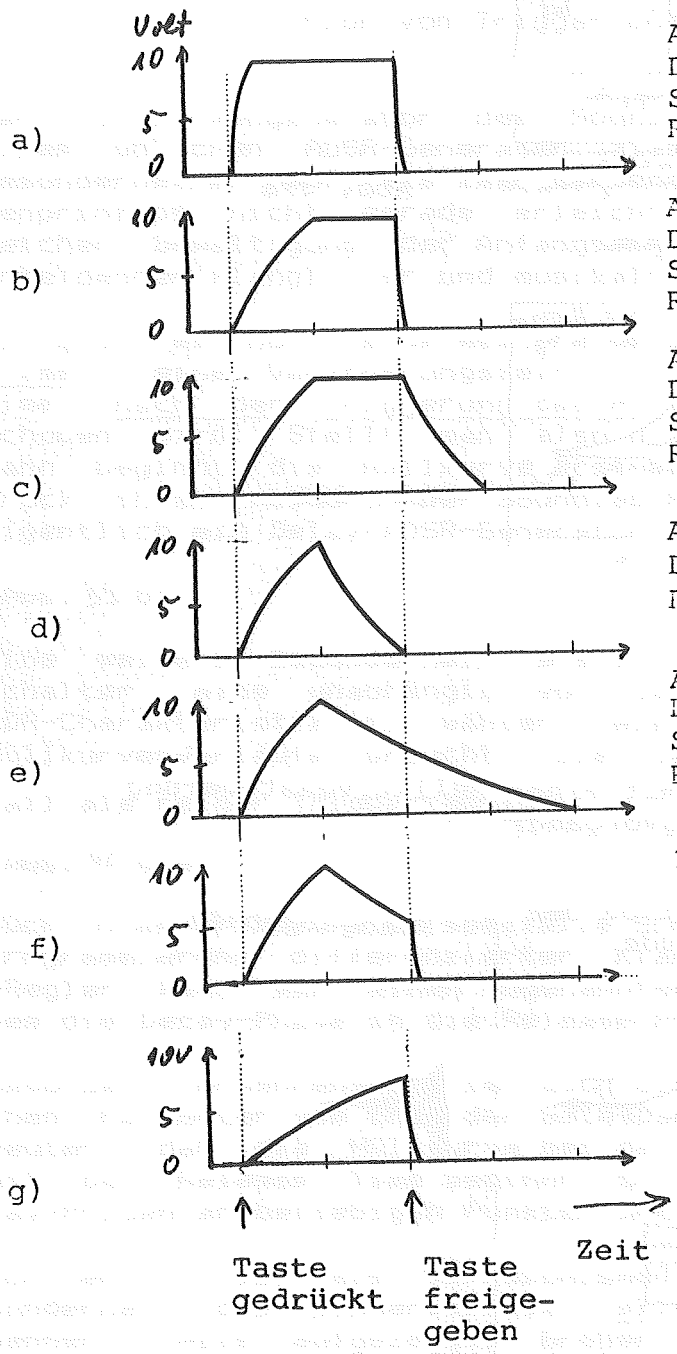


Abb. 39c



a) A=0 D=0 S=10 R=0 (E-Orgel-ähnlich)

b) A=4 D=0 S=10 R=0

c) A=4 D=0 S=10 R=4

d) A=0 D=4 R=0 (Klavierähnlich)

e) A=0 D=10 S=0 R=1 (klavierähnlich, jedoch Ausklingen mit Dämpfer unterbrochen)

f) A=4 D=10 S=0 R=1

g) **A=8 D=0 S=0 R=1**

Abb. 40

verschiedene Hüllkurvenformen

Beim Soundlab-System sind die Hüllkurvengeneratoren durch interne Verdrahtung bereits an die Gatespannung der Tastatur angeschlossen, so daß für diese Verbindung kein Kabel benötigt wird.

Für besondere Wünsche kann der Triggerimpuls der Tastatur auf der Frontplatte des Keyboard-Interface (KBV) gleich über dem Netzanschluß (des Power-Moduls) abgenommen werden.

Zunächst soll nun die übliche Steuerung dynamischer Prozesse mit Hilfe des Hüllkurvengenerators beschrieben werden.

Dazu führe man den Ausgang des VC-ADSR auf den Steuerspannungseingang des VCA (CV-Fix/exp). Der VCA-Ausgang wird wieder mit dem Verstärker verbunden.

Die exponentielle Charakteristik des Eingangs führt i.allg. zu einem Klangergebnis, das bei einer Hüllkurvensteuerung musikalisch gesehen i.allg. zufriedenstellender ist als die lineare Charakteristik. Es entspricht besser dem Hörempfinden für dynamische Prozesse.

Eine beliebige Schwingungsform des Oszillators wird nun auf den Audioeingang des benutzten VCA geführt.

(Abb. 41)

Zu Anfang sollten die Regler des Hüllkurvengenerators etwa wie folgt eingestellt werden: DELAY auf 0, ATTACK auf 1, DECAY auf 2-3, SUSTAIN in Mittelstellung und RELEASE ebenfalls.

Spielt man jetzt auf dem Keyboard müßte der Ton bei jedem Tastendruck schnell anschwellen, ein wenig in der Lautstärke

nachgeben, bestehen bleiben, so lange die Taste gedrückt bleibt, und nach dem Loslassen der Taste verhältnismäßig rasch ausklingen. (Die angegebenen Reglerwerte können immer nur Anhaltspunkte sein; hier muß man immer etwas experimentieren.)

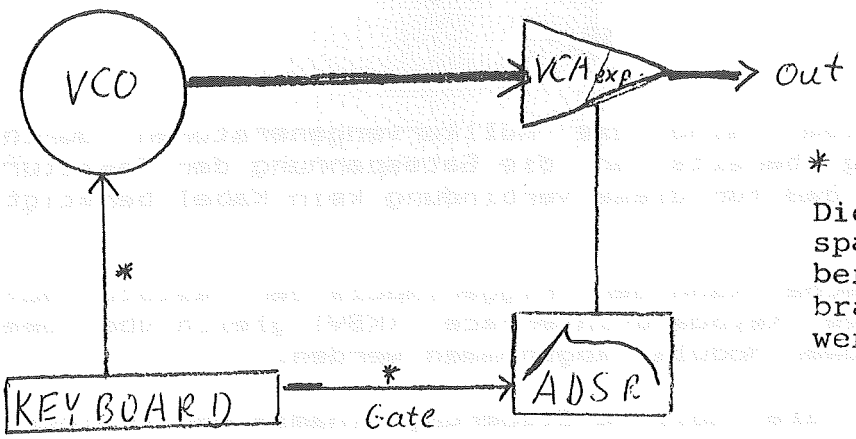
Im Anschluß erprobe man einmal den ADR-Modus des Hüllkurvengenerators, indem man den entsprechenden Schalter umstellt. Deutlich ist nun zu bemerken, daß das Loslassen der Taste keinen Einfluß auf den Hüllkurvenverlauf mehr ausübt.

Im folgenden gilt es, die vielen Varianten einer Hüllkurve systematisch kennenzulernen. Am besten variiert man nach und nach immer nur einen der Parameterregler, damit man möglichst bald einen Eindruck von den jeweiligen Wirkungszusammenhängen erhält.

Im übrigen kann auch eine externe Triggerung des Hüllkurvengenerators (über den Eingang Gate In Ext) zu speziellen Ergebnissen führen. Z.B. ergibt sich eine Art 'Mandolineneffekt', Repeat oder Autorepeat genannt, wenn die Rechteckspannung eines angeschlossenen LFO die Hüllkurve permanent auslöst. Die Hüllkurvenzeiten müssen allerdings recht kurz gehalten werden.

(Abb. 42)

Der Einsatz der Delay-Verzögerung ist insbesondere bei Vorhandensein mehrerer Hüllkurvengeneratoren bedeutsam. Sind die



* Die beiden Keyboard-spannungen sind intern bereits angeschlossen. Sie brauchen nicht verkabelt zu werden.

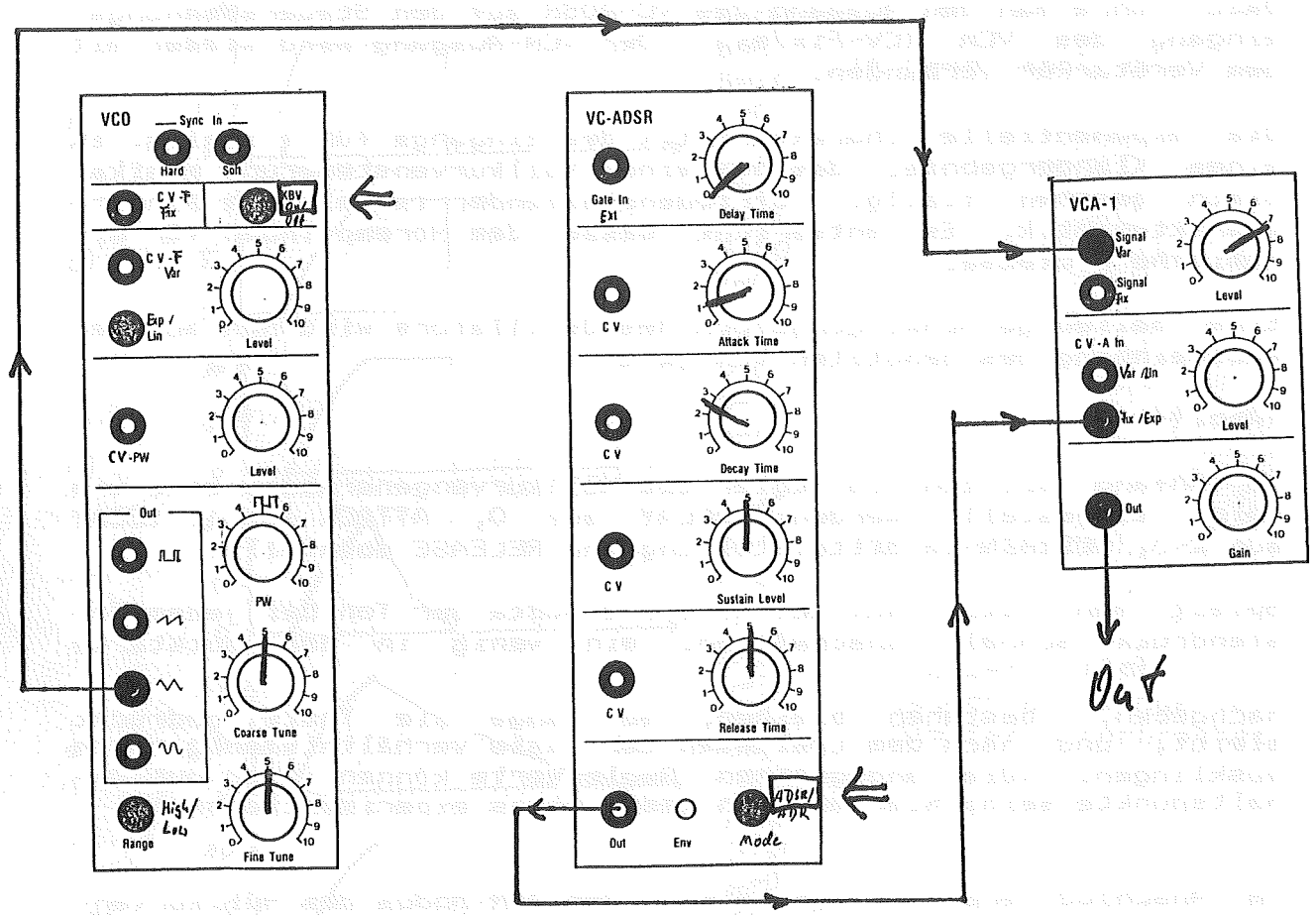


Abb. 41

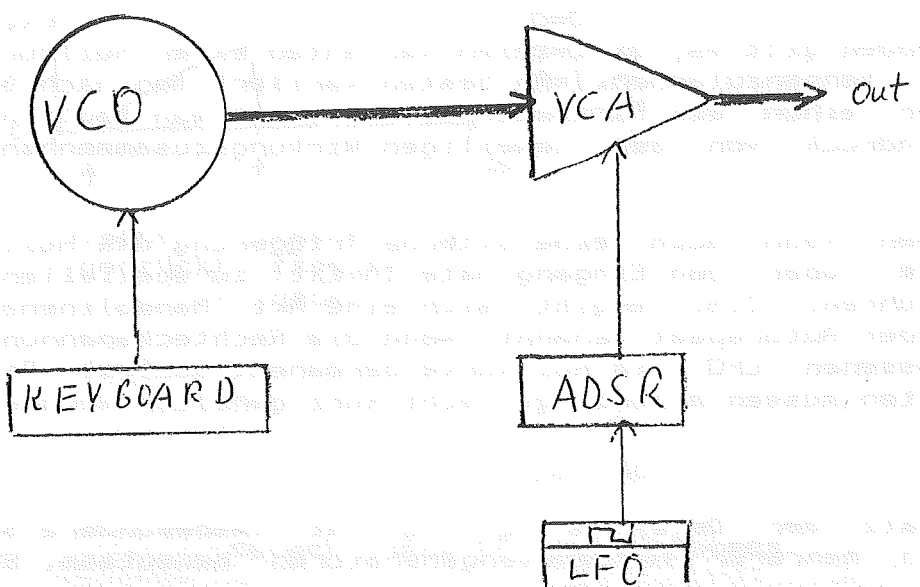


Abb. 42

vom Keyboard allesamt getriggerten ADSR-Generatoren auf kurze, aber leicht unterschiedliche Delay-Zeiten eingestellt, ergibt sich eine sehr effektvolle 'salvenähnliche' Einsatzfolge der verschiedenen Ein- und Ausschwingvorgänge. Notwendig ist dabei allerdings, daß jeder ADSR einen eigenen VCA steuern kann. Das den VCAs zugeführte Klangsignal kann hingegen von einem einzigen VCO stammen.

(Abb. 43)

Klanglich noch beeindruckender gerät dieser Effekt beim Einsatz mehrerer VCOs, die jeweils einem eigenen VCA zugeordnet sind.

Stimmt man die Frequenzen der VCOs gemäß dem Beginn einer Obertonreihe (Oktave, Quinte, etc.) ist es bereits möglich, das komplexe Ein- und Ausschwingverhalten mechanischer Instrumente ansatzweise nachzubilden, wobei weniger die Delay Time, als vielmehr die anderen Hüllkurvenparameter leicht verschieden eingestellt werden sollten.

Noch wichtiger und bei Presetsynthesizern z.B. fast immer vorverdrahtet ist die Koppelung des Hüllkurvengenerators mit dem Filter.

(Abb. 44)

Steuert die Hüllkurve etwa die Eckfrequenz eines Tiefpaßfilters (man braucht nur an die Stelle des VCA ein VCF einzusetzen), so sind entsprechende Klangfarbenänderungen die Folge, ein Vorgang, der auch bei mechanischen Instrumenten parallel zu den schon beschriebenen dynamischen Klangprozessen in ähnlicher Weise stattfindet. (Eine laute Trompete klingt erheblich heller und strahlender als ein leise gespieltes Instrument.)

Folgt die Eckfrequenz eines Tiefpaßfilters einer angelegten Hüllkurve, ergibt sich als Klangeffekt ein zuächst brillanter, obertonreicher Klang, der mit dem Verlauf von Decay- und Releasezeiten je nach vorgewählter Eckfrequenz und Level-Regelung dunkler wird bzw. sogar ganz verschwindet, wenn die Eckfrequenz tiefer als der Grundton der übertragenen Schwingung sinkt.

Sehr eigenwillig ist eine (bei mechanischen Instrumenten kaum anzutreffende) Klangwirkung, die durch Tiefpaßsteuerung mit einer invertierten Hüllkurve erzielt werden kann. Dazu muß die Hüllkurvenspannung zunächst über den invertierenden Mixereingang (Fix In Inv) an den zu steuernden Filter gelegt werden. Da die Hüllkurve nunmehr genau umgekehrt verläuft, schwingt der Klang mit dunkler Färbung ein und wird erst beim Ausschwingvorgang heller, also obertonreicher.

Kombiniert man diesen Effekt mit einem "normal" gesteuerten VCA mit positiver Hüllkurve, bewirkt dies einen laut, aber dumpf einsetzenden Klang, der sich dann beim Ausschwingen immer mehr aufhellt.

(Abb. 45)

Unbedingt nutzen sollte man die seltene Möglichkeit, die einzelnen Parameter des Hüllkurvenverlaufs per Steuerspannung zu ändern, indem man z.B. mit Hilfe eines LFO die Ausklingzeit während des Spiels permanent variiert, oder durch Anschluß des Keyboards den Einschwingvorgang abhängig von der gespielten Tonhöhe macht oder mittels Joystick gleichzeitig die Decay-Zeit und den Sustain-Wert der Hüllkurve eines Tons passend zur musikalischen Vorstellung beeinflußt.

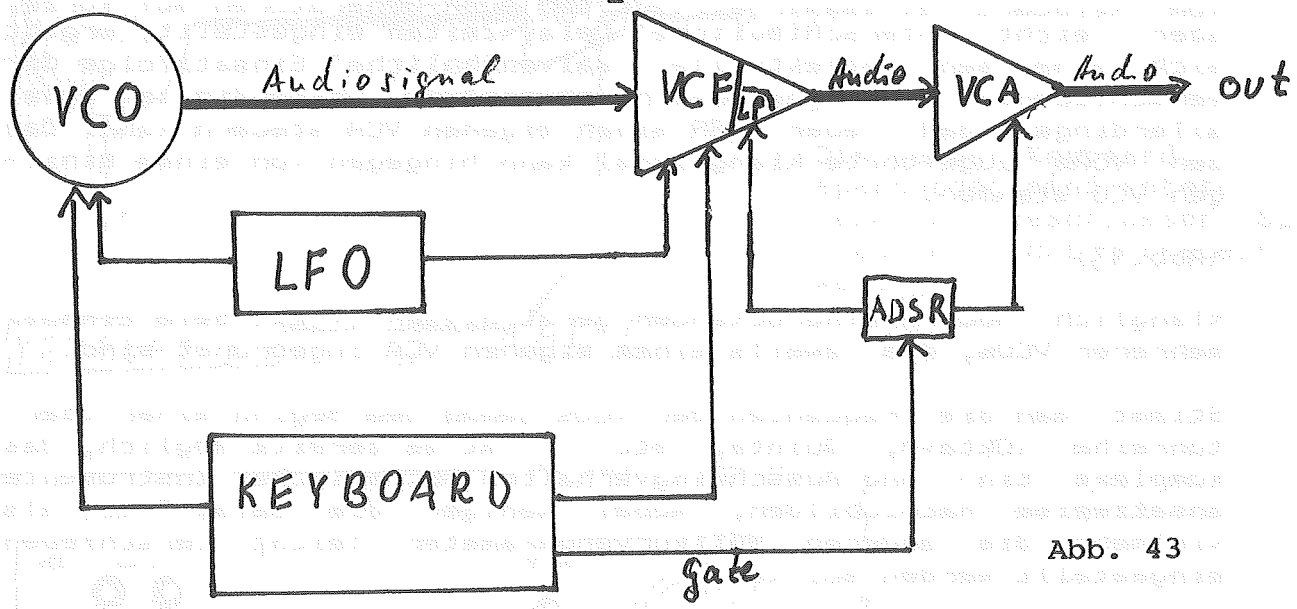


Abb. 43

Interne Verdrahtung eines monophonen Presetsynthesizers oder der Stimme eines polyphonen Synthesizers.

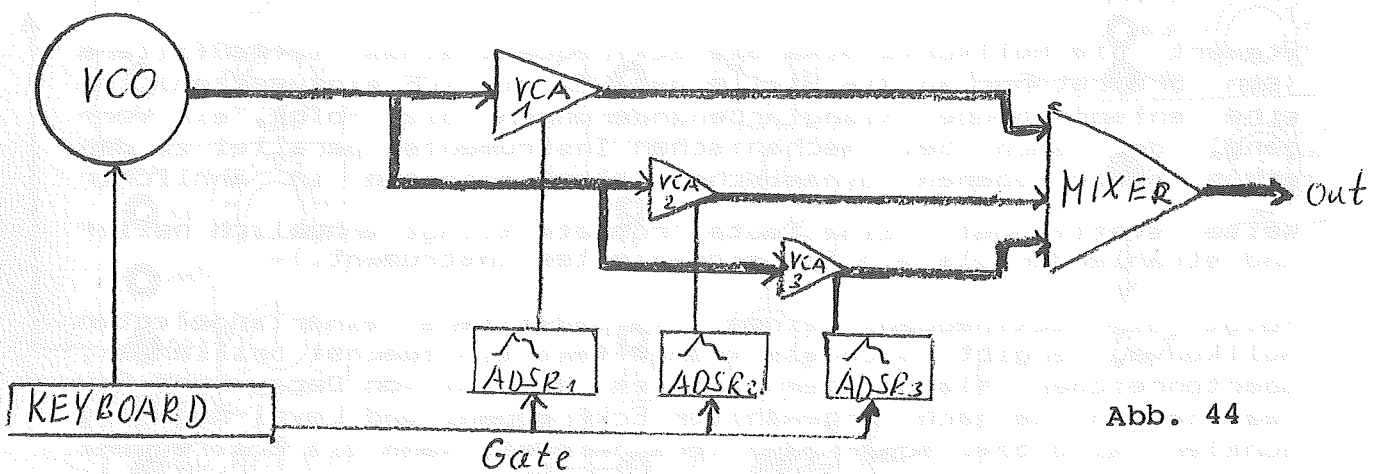
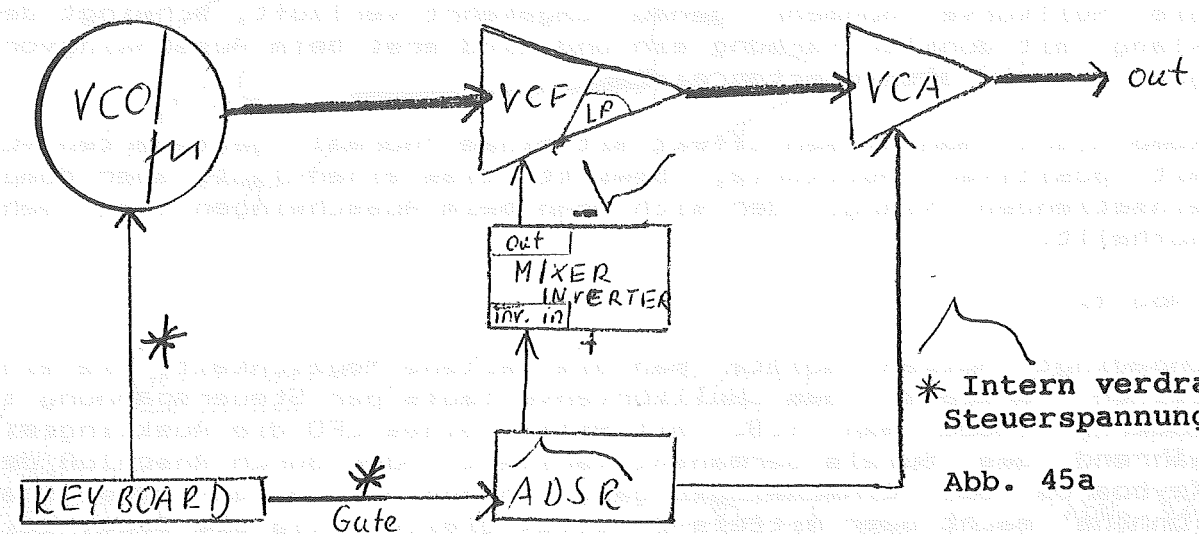


Abb. 44



* Intern verdrahtete Steuerspannung.

Abb. 45a

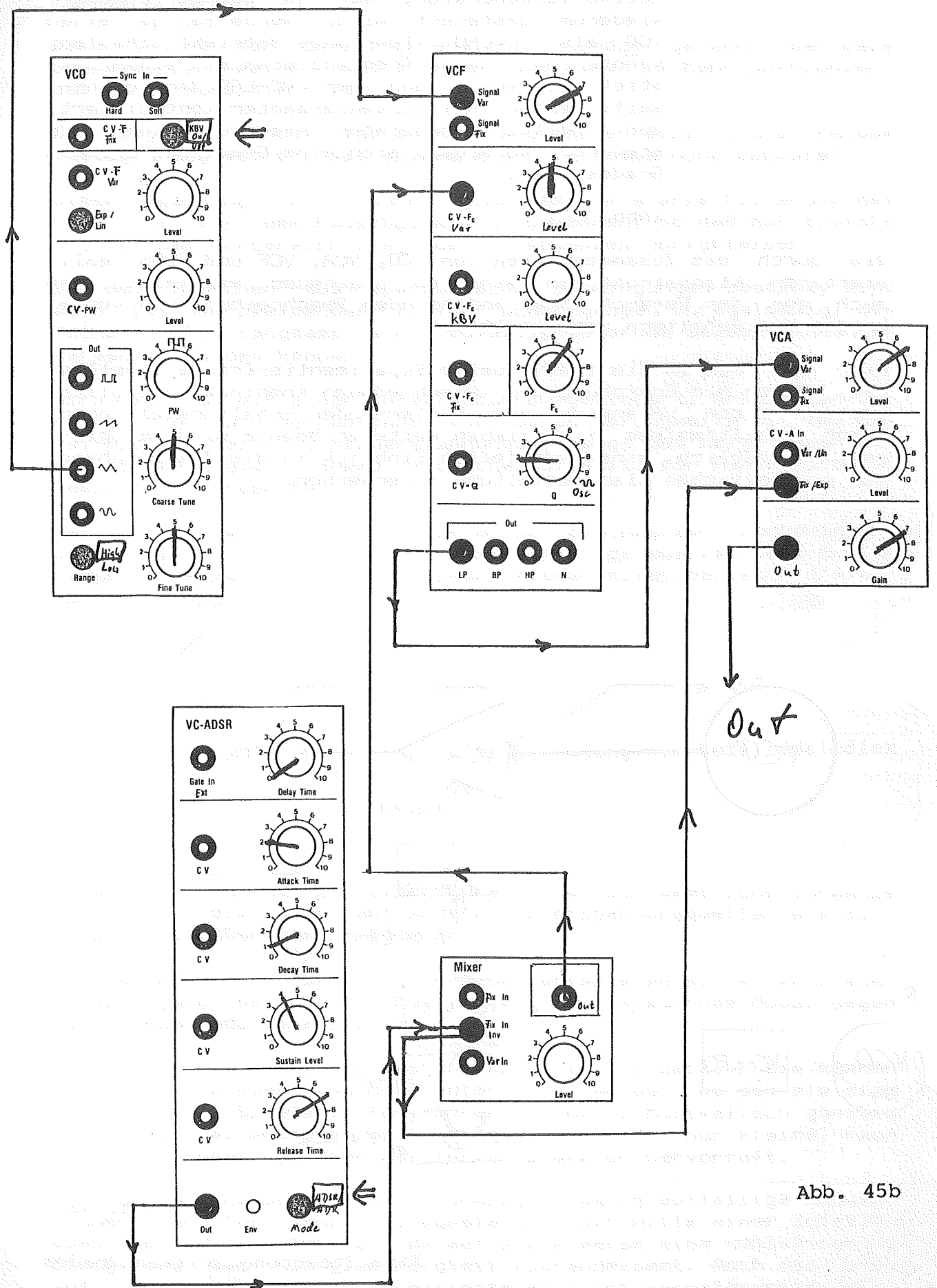

VCO
Sync In
Hard
Soft
CV-F Fix
KBV Out
CV-F Var
Exp / Lin
Level
CV-PW
Level
Out
PW
Coarse Tune
Range
Fine Tune
VCF
Signal Var
Signal Fix
Level
CV-Fc Var
Level
CV-Fc KBV
Level
CV-Fc Fix
Fc
CV-Q
Q
Osc
Out
LP
BP
HP
N
VCA
Signal Var
Signal Fix
Level
CV-A In
Var /Lin
Fix /Exp
Level
Out
Gain
Out
VC-ADSR
Gate In Ext
Delay Time
CV
Attack Time
CV
Decay Time
CV
Sustain Level
CV
Release Time
Out
Env
Mode
Mixer
Fix In
Out
Fix In Inv
Var In
Level

Abb. 45b

Hierbei handelt es sich übrigens dann um eine Spannungssteuerung zweiten Grades, da der Hüllkurvengenerator, der ja selbst steuert, wiederum gesteuert wird. Würde man gar einen VCO als VC-LFO (low-range-Betrieb) schalten, könnte man seine Frequenz etwa mit einem Joystick steuern; wenn der VC-LFO dann seinerseits einen Hüllkurvenparameter kontrolliert, der Hüllkurvengenerator wiederum einen VCA steuert, so ergäbe sich eine Steuerung dritten Grades, usw.)

(Abb. 46)

Die durch das Zusammenwirken von VCO, VCA, VCF und ADSR realisierbaren Klangstrukturen sind so ungeheuer vielfältig, daß auch nur der Versuch einer annähernden Beschreibung von vorneherein zum Scheitern verurteilt ist.

Hier muß man an die individuelle Experimentierfreude appellieren. Durch die Erprobung der verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten, durch Verändern der Regler- oder Schalterstellungen, durch schrittweises Einbeziehen weiterer Module wird es gelingen, allmählich einen vertieften Einblick in die Zusammenhänge der synthetischen Klanggestaltung zu erwerben.

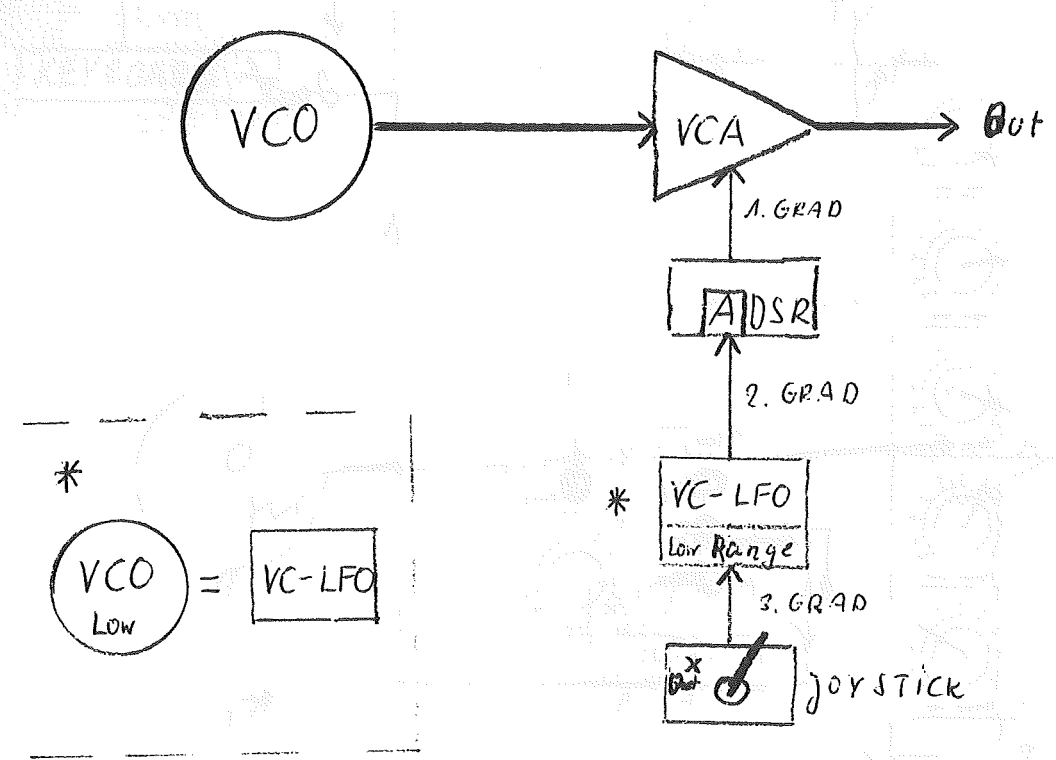


Abb. 46

Eine Steuerung dritten Grades

Im folgenden werden Module vorgestedlt, die nicht in jedem Synthesizer zu finden sind, die aber vor allem dem klangexperimentell interessierten Anwender ein Fülle weiterer Steuerungsmöglichkeiten mit interessanten klangstrukturellen Besonderheiten verschaffen.

Dazu gehört der Zufallsgenerator, Random genannt, der beim Soundlab-Synthesizer mit anderen Bausteinen im Mehrfunktionsmodul (MFM) kombiniert ist.

Die Begriff 'Random' ist aus der englischen Bezeichnung 'Random Voltage' abgeleitet, was soviel wie Zufallsspannung bedeutet.

Diese Spannung wird durch eine extrem starke Filterung des Rauschens aus dem Rauschgenerator gewonnen, so daß nur tiefste - unter dem Hörbereich liegende - Frequenzen übrigbleiben.

Da das Rauschen aus aperiodischen Schwingungen besteht, sind auch die verbleibenden tiefen Schwingungen unregelmäßig, die deshalb als langsame sich zufällig ändernde Steuerspannungen verwendet werden können.

Wird ein VCO mit einer Zufallsspannung gesteuert, erhält man unruhig hin- und herhüpfende Töne, deren Sprungweite mit dem Level-Regler des VCO-Steuerspannungseingangs und deren Dauer mit dem Speed-Regler (Speed = Geschwindigkeit) der Random-Einheit beeinflußt werden kann.

Das Klangergebnis wirkt, als ob der Synthesizer "komponieren" würde. Es gibt Komponisten, die zufällige musikalische Ereignisse schätzen und in ihre Kompositionen miteinbeziehen ('Aleatorik'). (Abb. 47)

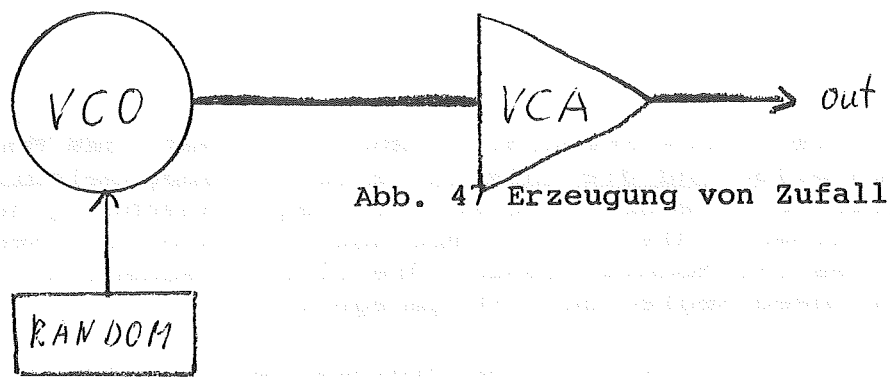


Abb. 47 Erzeugung von Zufallsmelodien

Natürlich kann man mit einer Zufallsspannung sämtliche Vorgänge variieren, die auch auf andere Steuerspannungquellen wie Joystick, LFO, ADSR usw. reagieren.

Bei allen bisher aufgezeigten Schaltbeispielen mit einem Steuerungsvorgang besteht die Möglichkeit, das steuernde Modul gegen das Random-Modul auszutauschen.

Sogar die Hüllkurvenparameter wie z.B. die Decay-Phase können zufälligen Steuerspannungen unterworfen werden, so daß sie sich während des Spielens fortwährend ändern. Musikalisch günstig ist dabei allerdings eine Einstellung, die nur kleine, kaum merkliche Änderungen der Hüllkurvenparameter hervorruft.

Es ist überhaupt sinnvoll, vorwiegend wenig auffällige Modulationen der Ton- und Klanggestaltung mit Hilfe einer Zufallsspannung zu realisieren, da auf diese Weise eine wohlklingende Steigerung der Klanglebendigkeit zustandekommt. Auch das Spiel auf einem mechanischen Musikinstrument ist normalerweise durch viele kleine und zufällige Abweichungen von der (mathematisch)

richtigen Tonhöhe, Tondauer usw. gezeichnet. Gerade die absolut präzise Regelmäßigkeit elektronisch erzeugter Klangstrukturen wird - zumindest bei längerem Hören als starr, leblos, eben "elektronisch", empfunden.

Die vielfältigen Möglichkeiten eines Musiksynthesizers, lebendige, abwechslungsreiche Klänge zu formen, werden leider nur in den seltensten Fällen wirklich in Anspruch genommen.

Zufallsähnliche Steuerspannungen liefert das Sample&Hold -Modul (S/H), das ebenfalls im Mehrfunktionsmodul enthalten ist.

Hierbei handelt es sich um eine Schaltung, die in Abhängigkeit von einer bestimmten Taktfrequenz Clock) aus einer beliebigen Schwingung sogenannte Proben (Samples) entnimmt und diese für die Dauer des Taktimpulses festhält (Hold), d,h, speichert.

Führt man dem S/H-Modul z.B. eine sehr langsame Sägezahnschwingung (1/5 Hz) zu und steuert es mit einer Clock-Frequenz von ca. 1 Hz, dann würde in jeder Sekunde der gerade am Eingang anliegende Spannungswert der Sägezahnschwingung gespeichert und für genau eine Sekunde an einen angeschlossenen Baustein abgegeben. Die zwischenzeitlichen Spannungsänderungen der Sägezahnschwingung bleiben wirkungslos.

Wäre der zu steuernde Baustein beispielsweise ein Oszillator, dann ergäbe sich eine treppenartig aufwärtssteigende Tonfolge, die sich mit dem Neubeginn der Sägezahnschwingung in ähnlicher Form wiederholen würde.

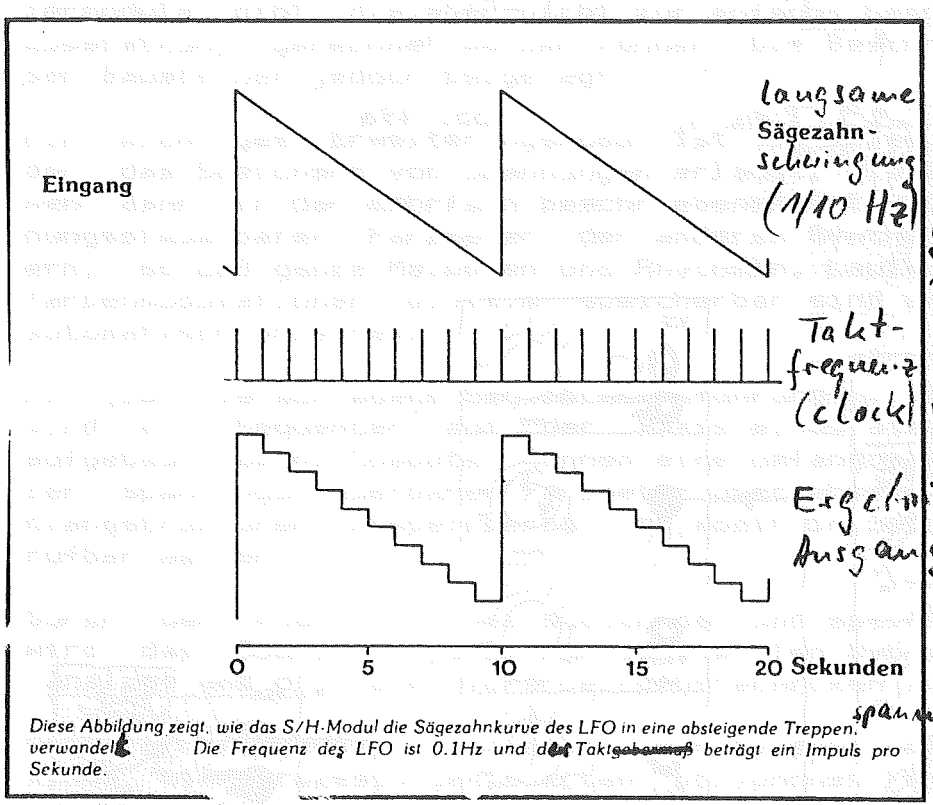
(Abb. 48)

Erhöht man die Clock-Frequenz, dann entnimmt das Modul die 'Proben' schneller und die Intervalle der "Treppenmelodie" werden (bei gleichbleibender Frequenz der Sägezahnschwingung) entsprechend kleiner. Als Clock-Impulsgeber kann die Rechteckschwingung des LFO-Moduls dienen. Die Clock-Frequenz wird folglich mit dem Speed-Regler des LFO geregelt.

Verfügt der vorhandene Soundlab-Synthesizer nur über einen VCO und einen LFO, dann ist es notwendig, zur Erprobung des S/H-Moduls, den VCO als VC-LFO einzusetzen (Range Low), damit die für das Klangexperiment notwendige sehr langsame Sägezahnschwingung zur Verfügung steht. Der LFO-Rechteckausgang gibt die Clock--Frequenz an, und der Filter wird als Sinusoszillator umfunktioniert (Q-Regler auf Osc). Ein angeschlossener VCA gestattet die zusätzliche Regelung der dynamischen Vorgänge.

(Abb. 49 a, b)

Es erübrigt sich wahrscheinlich, erneut darauf hinzuweisen, daß auch die Steuerspannung der Sample&Hold-Einheit für jeden spannungssteuerbaren Vorgang (z.B. Eckfrequenzregelung des Filters, ADSR-Parametersteuerung, Pulsweitenmodulation usw.) herangezogen werden kann. Und es ist ein aussichtsloses Unterfangen, alle daraus entstehenden Klangwirkungen beschreiben zu wollen.



Diese Abbildung zeigt, wie das S/H-Modul die Sägezahnkurve des LFO in eine absteigende Treppenspannung verwandelt. Die Frequenz des LFO ist 0.1Hz und der Taktgeber beträgt ein Impuls pro Sekunde.

Abb. 48

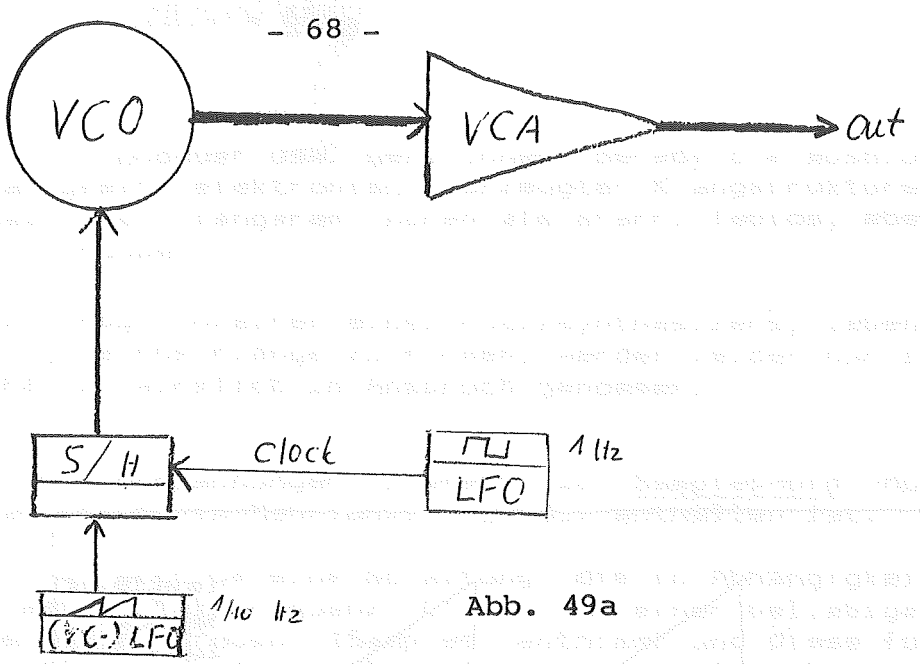


Abb. 49a

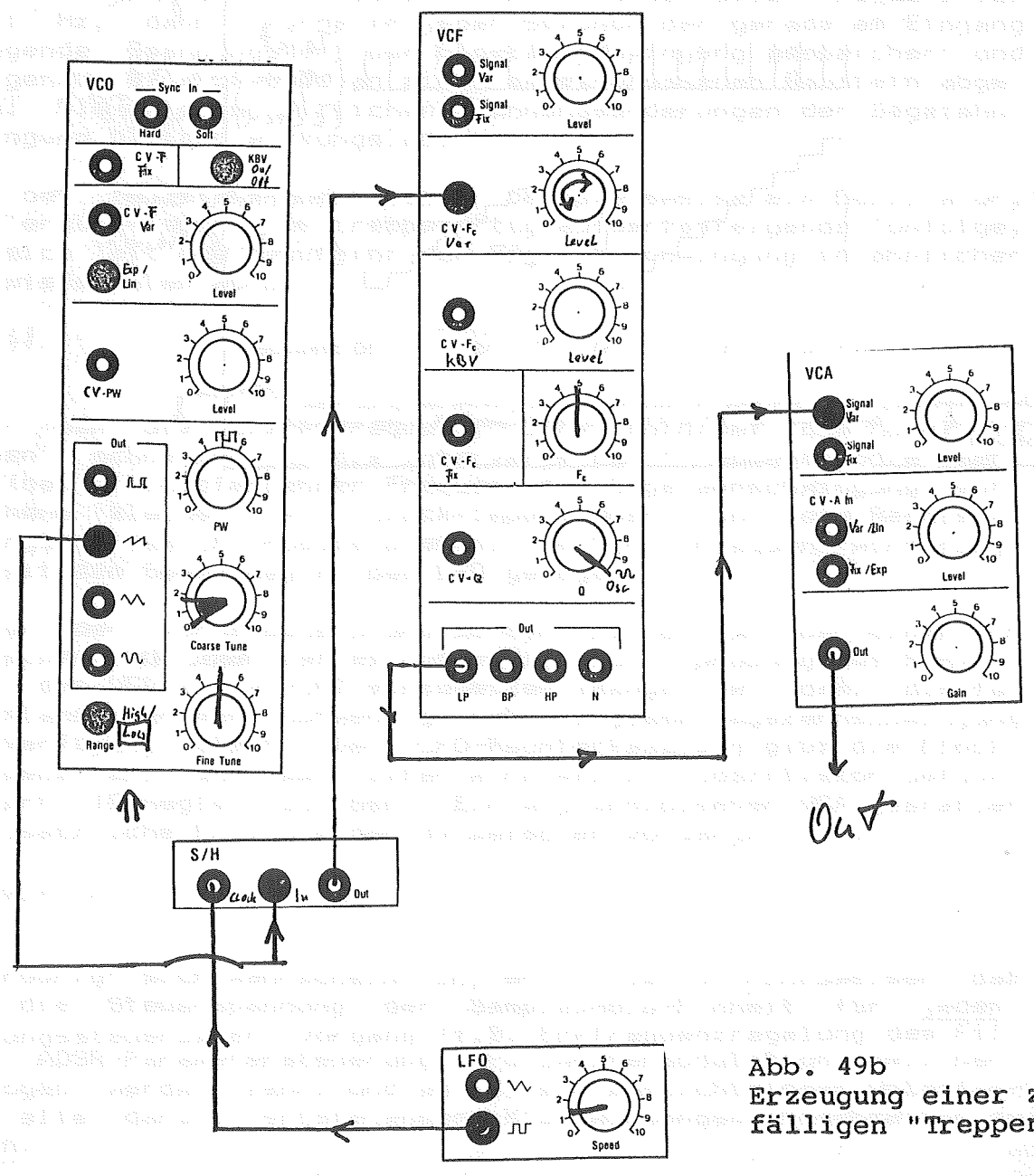


Abb. 49b
Erzeugung einer zufälligen "Treppenmelodie"

3. Die Erweiterungsmöglichkeiten

Wir sind an einem vorläufigen Ende der Anleitung zum Soundlab--System angekommen.

Vorläufig deshalb, weil es noch eine Reihe weiterer Synthesizermodule gibt, die aber nicht zur anfangs beschriebenen Grundausstattung gerechnet werden können. Die Beschreibung wird diesen Bausteinen jedoch beigelegt.

Ein wichtiges Erweiterungsmodul ist vor allem der Sequencer , der das Speichern von Spannungen erlaubt. Diese Spannungen können dann in der mehrfach beschriebenen Art und Weise die spannungssteuerbaren Parameter der anderen Synthesizermodule steuern, so daß ganze Melodien und Rhythmen, Lautstärke- und Klangfarbenmodulationen u.v.a.m speicherbar sind und auf Knopfdruck automatisch ablaufen.

Es gibt verschiedene Sequenceausführungen. Im Soundlab-System wird ein Sequencer auf der Basis eines steuernden Computers aufgebaut sein. Computer können eine umfangreiche Steuerung aller spannungssteuerbaren Parameter übernehmen, so daß komplette Klangstrukturen abspeicherbar und somit in Sekundenschnelle abrufbar werden.

Durch den Anschluß eines steuernden und speichernden Conputers wird das Soundlab-System zum sogenannten Hybridsynthesizer, da analoge und digitale Verarbeitungstechniken zusammenwirken.

Eine grundlegende Erweiterung des Systems bringt der Anschluß eines mikroprozessorgesteuerten polyphonen Keyboards mit sich. Es erlaubt mehrstimmiges Spiel, sofern genügend Oszillatoren, Verstärker und Hüllkurvengeneratoren zur Verfügung stehen. Für jede Stimme muß mindestens ein monophoner Minisynthesizer - bestehend aus VCO, VCA, VCF, ADSR - im System enthalten sein

(vgl. dazu die Abb. 50)

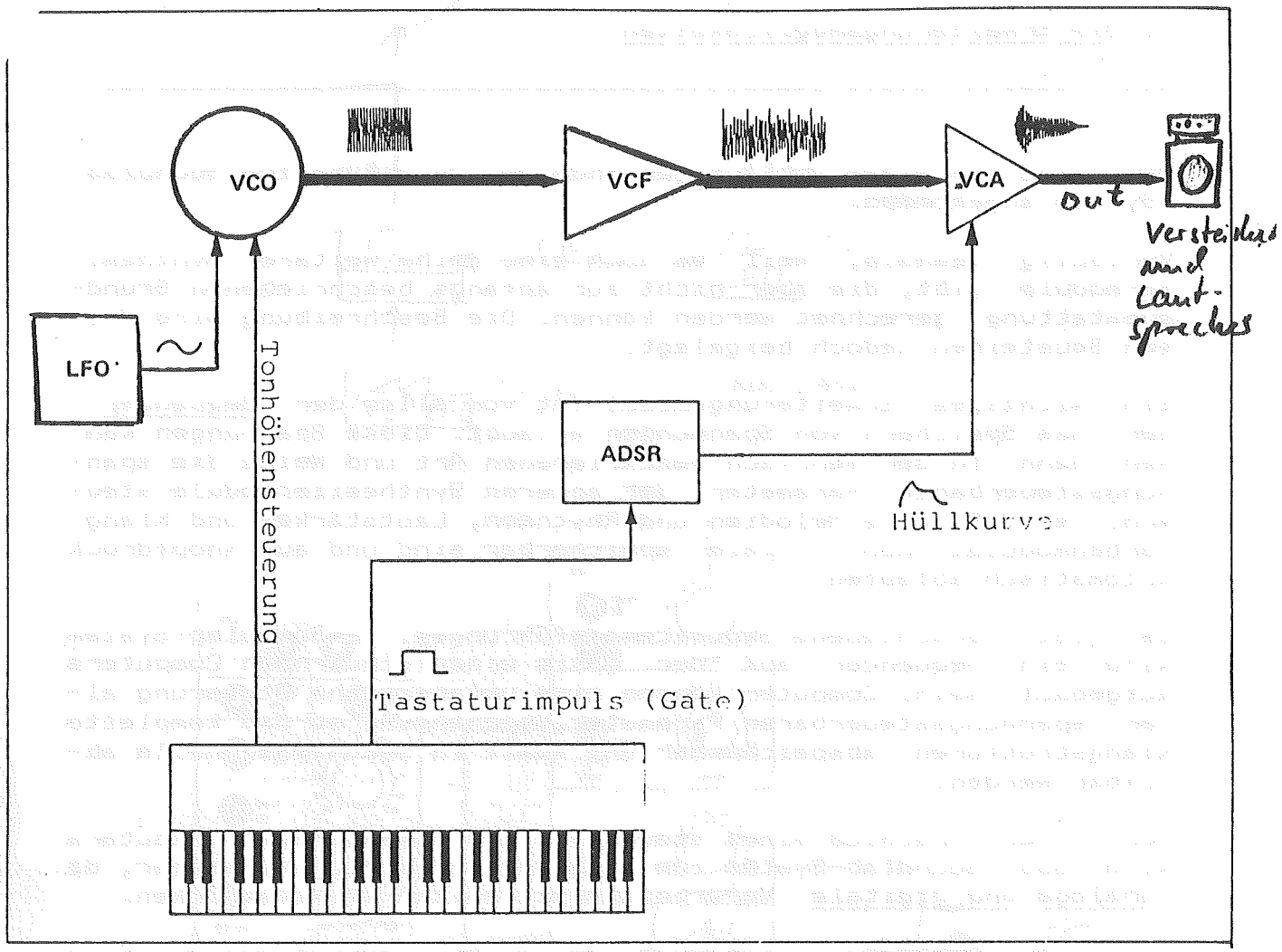
Ist ein Keyboard achtstimmig, muß diese Kombination mindestens achtfach vorhanden sein, wenn keine Einschränkungen des polyphonen Spielens hingenommen werden sollen. Klangliche Verbesserungen können durch die Verdoppelung oder Verdreifachung der Module (oder weigstens der VCOs) pro Stimme erreicht werden.

Grundsätzlich gilt die Regel:

Je mehr Module ein (monophoner oder polyphoner) Synthesizer enthält, desto differenzierter kann eine Klangstruktur aufgebaut werden, desto lebendiger, subtiler, letztlich musikalischer wird das Klangergebnis. Dies wird derzeit noch sehr häufig übersehen.

Durch den Anschluß eines polyphonen Keyboards wird das Soundlab-System zum polyphonen Synthesizer.

Ein anderes Modul, der Pitch-to-Voltage-Converter (Frequenz-



BLOCKSCHALTBILD einer möglichen Kombination der wichtigsten Synthesizermodule

Die Tonhöhenspannung der Tastatur bestimmt die Frequenz des Oszillators (VCO), dessen Schwingungsform vom Filter (VCF) beeinflußt wird, so daß sich die Klangfarbe ändert. Die dynamischen Eigenschaften des Klangs werden vom Verstärker (VCA) geregelt, wobei die Charakteristik des Ein- und Ausschwingvorgangs am steuernden Hüllkurvengenerator (ADSR) eingestellt wird. Der Funktionsablauf des Hüllkurvengenerators wird wiederum von einem beim Tastendruck erzeugten Impuls (Gate) bestimmt.

Der LFO bewirkt eine Frequenzmodulation des Oszillators (z.B. ein Vibrato)

Abb. 50

spannungsumwandler) kann gemeinsam mit einem Envelope Follower (Hüllkurvenfolger) eine Verbindung des Synthesizers mit anderen Instrumenten herstellen.

Während der Pitch-to-Voltage-Converter die Frequenz eines ihm zugeführten Tons analysiert und in eine analoge Spannungsgröße umwandelt, setzt der Envelope Follower den dynamischen Ablauf dieses Tons in eine entsprechende Spannung um.

Mit Hilfe dieser Bausteine können beliebige Instrumente, Gesangs- oder Pfeiftöne dann die VCOs, VCAs usw. eines Synthesizers steuern, so daß man unabhängig vom Keyboard wird und typische Klangeigenschaften der zur Steuerung dienenden Instrumente (z.B. das Vibrato einer Geige) auf den elektronisch erzeugten Ton übertragen werden. Ein Gitarrensynthesizer beruht immer auf diesem Prinzip.

Günstig ist eine Erweiterung mit einem größeren Mixer (Mischpult), so daß die Klänge mehrer Oszillatoren etc. beliebig gemischt werden können. Sind die Mixereingänge gleichspannungsgekoppelt - wie die des kleinen Soundlab-Mixers im Mehrfunktionsmodul - ergibt sich die Möglichkeit, auch Steuerspannungen zu mischen oder abzuschwächen. Die Steuerspannung eines LFO und eines ADSR kann man auf diese Weise kombinieren, in ein bestimmtes Wirkungsverhältnis bringen und zur gemeinsamen Steuerung irgendeines klanglichen Vorgangs einsetzen. Auch die VCAs des Dual-VCA-Bausteins sind gleichspannungsgekoppelt und können daher nicht nur Audio-, sondern auch Steuerspannungen, z.B. die eines LFO, abschwächen. Ein Mixer, der diese Anforderungen erfüllt, ist als ein weiteres Modul des Soundlab-Systems geplant.

Daß man einen Musiksynthesizer generell mit einer Reihe weiterer Instrumente und Geräte koppeln kann, wurde mehrmals angesprochen. Alle Klangerzeuger, also auch alle mechanisch funktionierenden Instrumente wie Klavier, Flöte, E-Orgel lassen sich beispielsweise von den Filtern und Verstärkern weiter verarbeiten.

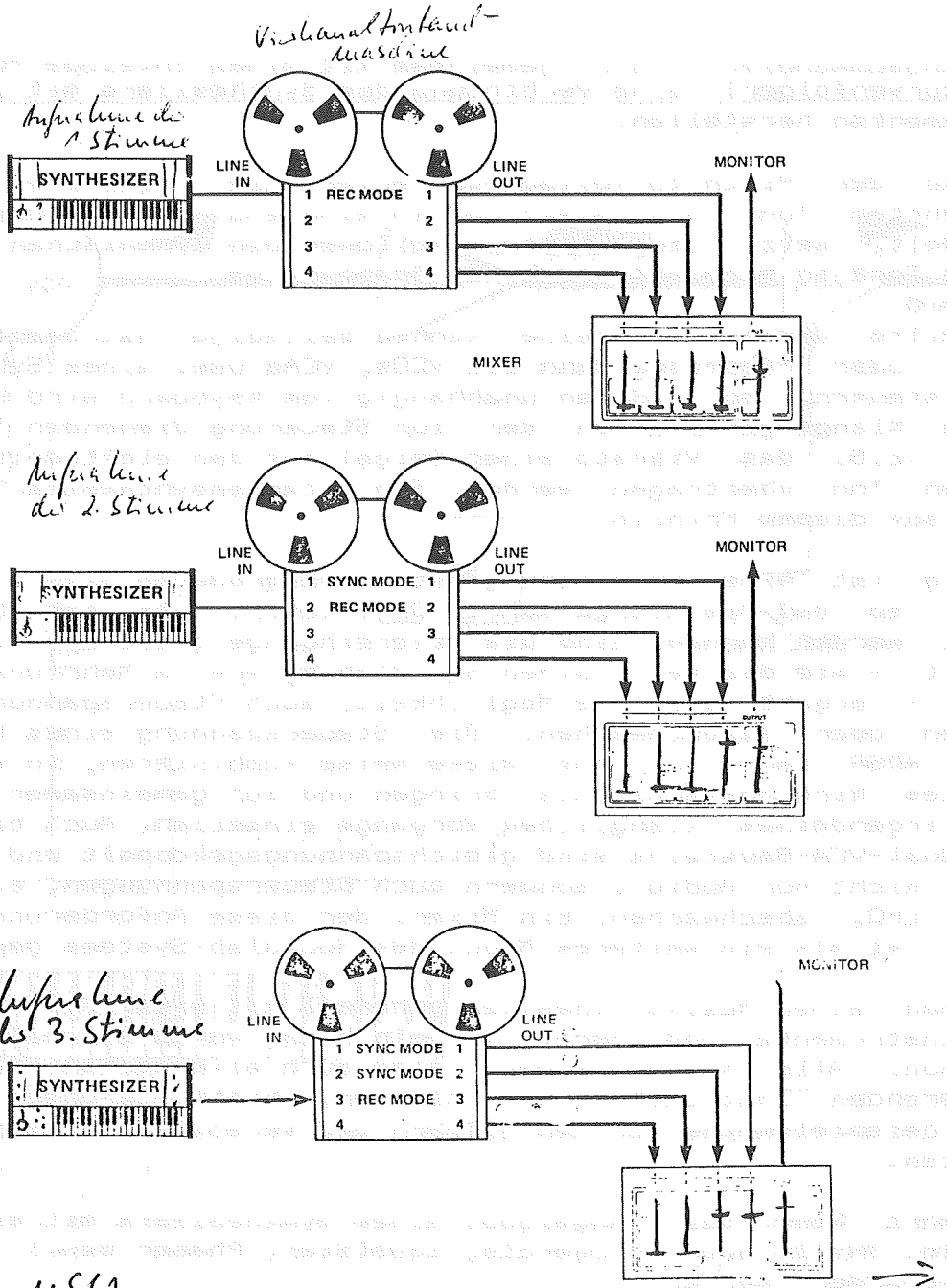
Umgekehrt kann das Klangsignal eines Synthesizers mit externen Mitteln (Hall- oder Echogeräte, Equalizer, Phaser usw.) zusätzlich verändert werden.

Mit den vielseitigen Mitteln der Tonbandtechnik können weitere Klangmanipulationen realisiert werden (Änderung der Bandgeschwindigkeit, Tonbandecho, Rückwärtswiedergabe, Multiplay).

Vor allem für den Besitzer eines monophonen Synthesizers ist die Mehrspurtechnik, die auch preiswerte spezielle Cassettenrecorder inzwischen bieten können, von großer Bedeutung, da sie eine nacheinander erfolgende Einspielung von monophonen Klängen ermöglicht, die dann jedoch gleichzeitig wiedergegeben werden können. Aufdiese Weise ist der Aufbau mehrstimmiger bzw. mehrschichtiger musikalischer Strukturen relativ einfach realisierbar.

(Abb. 51)

Erwähnt werden soll noch die mögliche Kombination mit anderen Synthesizern (die mit 1V/Okt. und einer positiven Gatespannung arbeiten) und elektronischen Rhythmusmaschinen (z.B. Digital



Endgültige Abmischung (mixdown)

Abb. 51
Meliskanalaufnahmetechnik

Drum von BöHM), deren Triggerimpulse etwa einen Hüllkurvengenerator zu Synchronisationszwecken steuern können. Auch der umgekehrte Weg - Rhythmusmaschine wird vom Synthesizer synchronisiert - ist i.allg. unproblematisch.

Nicht zuletzt ist der Synthesizer besonders geeignet, mit einem Vocoder kombiniert zu werden, da er leicht den besonderen Bedingungen dieses Zusammenspiels angepaßt werden können.

Es ist ein Erlebnis besonderer Art, die selbst mit dem Soundlab zusammengestellten elektronischen Klänge mit Hilfe eines Vocoders zum "Sprechen" zu bringen.

Abschließend sei noch auf wichtige Aspekte verwiesen, die mit dem Anschluß des Synthesizers an eine Verstärker-Lautsprecher--Anlage zusammenhängen.

Grundsätzlich ist höchste Vorsicht geboten, wenn ein HiFi-Lautsprecher zur Wiedergabe des Synthesizersignals benutzt wird, da er für eine lautstarke Wiedergabe vor allem der hohen und tiefen Synthesizerklänge nicht geeignet ist . (Dies gilt nicht, wenn diese Klänge vom Tonband kommen, also bereits aufgenommen wurden.)

Verstärkerleistung und Lautsprecherbelastbarkeit sollten nicht zu gering bemessen sein. Genauere Angaben können hier nicht gegeben werden, da die entsprechenden Werte sehr stark von den jeweiligen Lautsprecherkonstruktionen abhängig sind.

Man orientiere sich an den für die Wiedergabe von E-Orgeln, E-Pianos und Synthesizern gebräuchlichen Anlagen.

Spezielle E-Gitarren oder E-Baßanlagen sind für die Wiedergabe von Synthesizerklängen nicht optimal (wenn auch geeignet), da sie zumeist die hohen Frequenzen nicht ausreichend übertragen.

Am besten sind spezielle, für Keyboards ausgewiesene Anlagen, die gleichermaßen für die Wiedergabe von E-Orgeln, E-Pianos und Synthesizer geeignet sind (vgl. dazu Angebote von Böhm).

4. Zusammenfassung und Übersicht

Wir haben den Musiksynthesizer als einen elektronischen Klangbaukasten, als Klanglaboratorium, kennengelernt. Die einzelnen Module wurden hinsichtlich ihrer besonderen Aufgabe betrachtet und es wurde der Versuch gemacht, die immer wieder neuen Klangwirkungen der letztlich unendlich vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten zu beschreiben.

Damit der Einstieg in die elektronische Klangestaltung dennoch nicht ausschließlich vom zufälligen Klangergebnis bestimmt wird, ist es zweckmäßig, die unterschiedlichen Aufgaben und Möglichkeiten der elektronischen Bausteine in drei umfassende Bereiche einzuteilen.

Das sind:

1. Die Klangerzeugung
2. Die Klangformung
3. Die Klangsteuerung

(Abb. 52)

Etwas vereinfacht dargestellt kann man nun festhalten:

Der Klangerzeugung dienen die Oszillatoren, der Rauschgenerator, aber auch alle externen Klangquellen, die z.B. mit einem Mikrophon an den Synthesizer angeschlossen werden können.

Das physikalische Ergebnis der Klangerzeugung sind Schwingungen in den hörbaren Frequenzbereichen.

Das musikalische Ergebnis sind Töne und Geräusche.

Der Klangformung dienen Filter, Verstärker und Ringmodulatoren sowie alle Effektgeräte.

Physikalisch gesehen beeinflussen sie die Form der Schwingungen; der Verstärker oder Abschwächer bestimmt die Amplitude, der Filter das Teiltonspektrum einer Schwingung.

Musikalisch entsprechen dem Lautstärke- und Klangfarbenänderungen.

Die Klangsteuerung mit Hilfe des Prinzips der Spannungssteuerung bestimmt den Ablauf der klanglichen Ereignisse und regelt die modulatorischen Vorgänge (Frequenz- und Amplitudenschwankungen, Ein- und Ausschwingvorgänge sowie Änderungen des Teiltonspektrums). Darüber hinaus können komplizierte

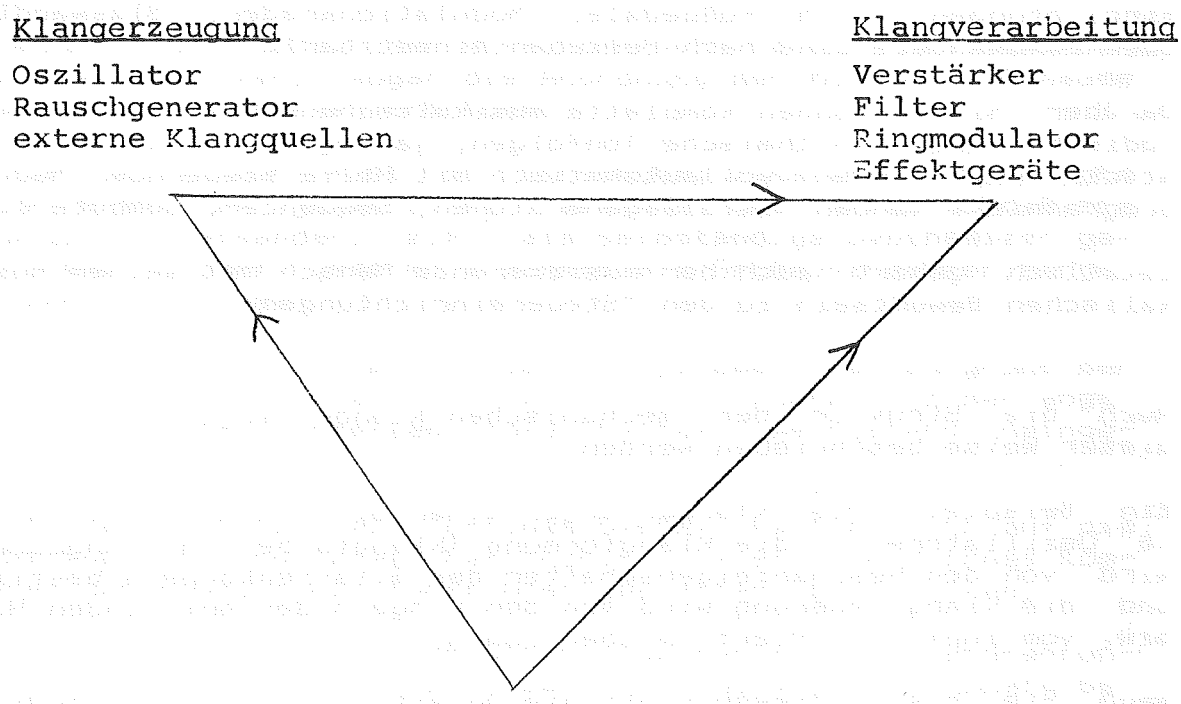


Abb. 52
Die elektronische Klangformung

klangliche Strukturen aufgebaut und kontrolliert werden.

Die musikalischen Ergebnisse sind Tonhöhenänderungen (Vibrato, Portamento, Melodien usw.), dynamische Prozesse (Tremolo, typische Lautstärkenänderungen der Töne und Geräusche etc.) und Klangfarbenänderungen (Wahwah-Effekte, charakteristische Instrumentalklänge).

Zur manuellen Steuerung dienen Keyboard, Joystick bzw. ähnliche Einrichtungen (auch Fußpedale, Modulationsräder, Blaswandler oder Bandmanuale sind nach Belieben einsetzbar).

Darüber hinaus können komplette musikalische Strukturen wie melodische oder rhythmische Tonfolgen, ja sogar komplette Musikstücke halb- oder vollautomatisch mit Hilfe steuernder Module programmiert werden (Zufallsgeneratoren, Sequencer, Computer).

Letztlich gehört auch der musizierende Mensch mit seinem musikalischen Bewußtsein zu den "Steuereinrichtungen.

Auch die Struktur der mechanischen Klangerzeuger kann in der dieser Weise beschrieben werden.

Ein Beispiel: Die Klangerzeuger einer Gitarre sind die Saiten (6 Oszillatoren), die Klangformung (Klangfarbe und Klangdauer) wird von den Resonanzeigenschaften des Gitarrenkörpers bestimmt und die Klangsteuerung wird von den Fingern der spielenden Hand bzw. vom zupfenden Plektrum übernommen.

Wenn Sie bis zu diesem Punkt die Anleitung sorgfältig studiert und die vorgeschlagenen Klangbeispiele verstanden und ausgeführt haben, möchte Ihnen der Verfasser nun einen Rat mitgeben, der auf den ersten Blick ein wenig verwunderlich erscheint:

Machen Sie ab jetzt alles ganz anders!

Probieren Sie die abenteuerlichsten Modulkombinationen aus, drehen Sie an allen Knöpfen, wenn es Ihnen sinnvoll erscheint. (Wie anfangs schon einmal gesagt, kann nichts zerstört werden.)

Natürlich kommt nicht immer ein brauchbarer Klang dabei heraus, vieles wird sogar recht chaotisch klingen. Aber das sollte man zumindest am Anfang ruhig einmal in Kauf nehmen. Hat man jedoch die in dieser Anleitung beschriebenen Gesetzmäßigkeiten der elektronischen Klanggestaltung verinnerlicht, dann wird es bald gelingen, zielsicher einen gewünschten, irgendwie vorgestellten oder irgendwo gehörten Klang mit Hilfe des Soundlab-Systems aufzubauen und hörbar werden zu lassen.

Es liegt dann in Ihrer Hand, noch nie gehörte oder immer zu hörende, originelle oder banale, subtil gestaltete oder klischeehaft-vordergründige Klangstrukturen und musikalische Formen zu verwirklichen.

Einer faszinierenden kreativen Reise in die elektronische Klangwelt des Musiksynthesizers steht nun nichts mehr im Wege.

4. Spezifikationen und technische Daten

Dem Soundlab-System liegt ein einschränkungslos modulares Konzept zugrunde, daß beliebig ausbaufähig und erweiterbar ist. Die Zusammenstellung und Anzahl der einzelnen Module kann frei vom Musiker gewählt werden.

Die Anzahl der VCOs, der VCFs, der ADSR-Generatoren usw. bestimmt der Musiker, sogar die Anordnung der Module im Gehäuse kann weitgehend beliebig erfolgen.

Jede Gehäuseeinheit faßt 11 Einschübe; zusätzliche benötigte Gehäuse enthalten jeweils ein eigenes Netzteil, so daß sie unabhängig voneinander, z.B. als selbständige Synthesizer genutzt, bei Bedarf jedoch zusammen als Großsynthesizer eingesetzt werden können.

Auch die Kombination mit anderen Systemen ist aufgrund der Spannungskompatibilitäten (1 V/Okt.; 0-5 V/Gate) und der angestrebten Normschnittstellen (Midi-System) weitgehend uneingeschränkt möglich.

Wünscht der Musiker ein offenes System, kann er sich auf die Verkabelung der Module mit Patchcords, die ein unendliches Kombinieren der klanglichen Funktionen gestatten, beschränken.

Zusätzlich sind jedoch auch Anschlüsse für interne Verdrahtungen vorgesehen, so daß bei Bedarf und individuellem Gusto besonders häufig gebrauchte Klangkombinationen nicht extern verkabelt werden müssen.

Für eine spätere Ausbaustufe ist der Anschluß eines steuernden Computers vorgesehen, so daß auch auf die Vorteile eines Presetsynthesizers mit schnell abrufbaren Klangregistern und speicherbaren Sequenzen nicht verzichtet werden muß.

Der Musiker schafft sich auf diese Weise sein eigenes Instrument. Er ist nicht von einer bestimmten Konzeption oder Firmenphilosophie abhängig, die zwangsläufig zur Beschränkung der musikalischen Einsatzbereiche führt.

Der musikelektronisch interessierte Bastler hat zudem die Möglichkeit, die Module selbst zusammenzubauen. Hier läßt sich der Vorteil eines günstigeren Anschaffungspreises mit dem tieferen Einblick in die elektronische Funktionsweise eines Synthesizers verbinden.

Verwendet werden die speziell für den Synthesizerbau konstruierten CEM-ICs, deren schaltungstechnische Flexibilität den Modulen eine Reihe wichtiger Eigenschaften ermöglicht. Die audiotechnischen Werte der Soundlab-Module entsprechen Studioanforderungen.

Für das Soundlab-System werden zunächst folgende Module ange-

boten:

ein VCO, der auch als VC-LFO im Tieffrequenzbereich arbeiten kann, verschiedene Schwingungsformen einschließlich Sinus abgibt, der synchronisiert werden kann (hard und soft), spannungsgesteuerte Pulsweitenmodulation, logarithmische und lineare Frequenzmodulation bietet, so daß additive Klangsynthese mittels FM-Tonerzeugung prinzipiell möglich ist;

ein VCF (18dB), der über getrennte Ausgänge für Hoch-, Tief-, Band- und Sperrpaßfunktion verfügt, spannungssteuerbare Eckfrequenz- und Resonanzregelung (VC-Q) ermöglicht, der Audioeingänge für externe Klangquellen enthält und als Sinusoszillator verwendet werden kann;

ein Dual-VCA mit zwei unabhängigen VCAs mit jeweils linearer und logarithmischer Charakteristik, Audioeingängen, Reglern usw., der Audio- und Steuerspannungen verarbeitet;

ein spannungssteuerbarer Hüllkurvengenerator (VC-ADSR) mit Verzögerung (Delay), LED-Indikator, externer Triggerung, umschaltbarer Charakteristik (ADR) und Abhängigkeit aller Parameter vom Gatesignal des Keyboards;

ein Mehrfunktionsmodul (MFM), das (in einem Einschub)

- einen Rauschgenerator mit einstellbarem Filter (von pink über white bis blue noise)
- einen Zufallsgenerator (Random Voltage)
- einen LFO
- einen Sample&Hold-Generator
- einen Ringmodulator

sowie
einen einfachen Mixer mit Inverter, Reglern usw.

enthält;

ein duophones vieroktaviges Keyboard (zwei CV-Ausgänge, 1 Gatesignal) mit Modulationseingang, Portamentofunktion, Stimmung in Oktavschritten und Feinregelung, Wahl des Gatemodus;

ein Joystick, das zwei Spannungen abgeben und auch verarbeiten, z.B. invertieren kann;

ein Powermodul mit Netzteil, dessen Frontplatte neben Netzschalter etc. auch den Anschluß für das Keyboard (Keyboard-Interface), einen Audioverstärker mit Kopfhöreranschluß sowie die Ausgänge zum externen Einsatz der Keyboardspannungen enthält (zwecks Steuerung anderer Synthesizer, Sequencer, Rhythmusgeräte usw.) aufweist;

ein Lautsprechermodul.

Modul- und Keyboardgehäuse sind miteinander zum leicht transportablen Koffer verbunden.

Alle Funktionen der Module sind über Potentiometer regelbar.

Der Verkabelung dienen robuste Laborstecker (Bananenstecker), die mehrfach ineinander gesteckt werden können, so daß sie den Vorteil einer sehr freien Verkabelung der Module bieten, ohne daß Multiple-Felder o.ä. Einrichtungen notwendig werden.

Interne Verbindungen sind vorbereitet, so daß oft benutzte Verkabelungen der Module fest verdrahtet werden können.

Als weitere Module sollen Effektgeräte, ein mikroprozessorgesteuertes achtstimmiges polyphones Keyboard mit Computersteuerung zwecks Klang- und Sequenzenspeicherung sowie verschiedene Zusatzeinrichtungen wie Pitch-to-Voltage-Converter, Mixer u.a.m. zum weiteren Ausbau des Soundlab-Systems hinzukommen.

****

Das Soundlab-System

Die erste Spielprobe

****

Wenn man etwas Neues erworben hat, ist der Drang verständlicherweise groß, es auszuprobieren.

Allerdings bietet der Musiksynthesizer eine derartige Fülle klanglicher und musikalischer Möglichkeiten, daß es anfangs nicht leicht fällt, sie sofort alle zu beherrschen bzw. hörbar werden zu lassen.

Deshalb soll diese kurze Anleitung zu einem einfachen Klangprogramm verhelfen, das eine erste Bekanntschaft mit den musikelektronischen Klängen des Soundlab-Systems gestattet.

Da man sich einen echten Modulsynthesizer beliebig zusammenstellen kann, ist es durchaus denkbar, daß jeder Besitzer eines Soundlab-Systems einen völlig anderen Synthesizer vor sich stehen hat. Daher soll die folgende Minimalaustattung zu dem folgenden Klangbeispiel vorausgesetzt werden.

1 VCO.
1 VCF
1 VC-ADSR
1 VCA
1 Gehäuse mit Netzteil (Power), Verstärker (Amp) und Tastatur (Keyboard)
1 Lautsprechermodul (Speaker)

Wer über eine eigene Verstärkeranlage verfügt, kann auf das Lautsprechermodul verzichten.

(Vorsicht! Man sollte keine Hifi-Boxen zur Wiedergabe der

Synthesizerklänge benutzen, da sie bei relativ kleiner Lautstärken bereits Schaden nehmen können. Verstärkeranlagen für E-Orgeln, E-Gitarren, E-Baßgitarren usw., wie sie z.B. bei Dr.Böhm erhältlich sind, eignen sich dagegen gut.)

Und so wird das erste Klangprogramm aufgebaut:

1. Die wichtigste Voraussetzung für das Funktionieren des Synthesizers ist natürlich der Anschluß an die Netzspannung.

2. Schließe einen Ausgang des VCO /1/ (= Out) an den Signaleingang /2/ (= Signal Fix) eines VCA-Moduls an.

3. Der Ausgang des VC-ADSR-Moduls /3/ (= Out) wird mit einem Steuerspannungseingang /4/ (= Fix/Exp) des VCA verbunden.

4. Beim VCO müssen die Schalter 'Range' /5/ und 'KBV' /6/ auf 'High' bzw. 'On' (also nicht gedrückt) stehen; der Regler 'Coarse Tune' /7/ wird der Einfachheit halber in Mittelstellung gebracht. (Die Stellung der anderen Regler ist hier unwichtig.)

5. Am VC-ADSR wird der Mode-Schalter /8/ auf ADSR gestellt, der Delay- /9/ und Attack-Regler /10/ auf Linksanschlag, für alle anderen Regler - 'Decay' /11/, 'Sustain' /12/, 'Release' /13/ wird die Mittelstellung empfohlen.

6. Beim VCA muß der Regler 'Gain' /14/ ziemlich weit aufgedreht werden.

7. Der Glide-Regler des Keyboard-Bedienfeldes /15/ sollte auf Linksanschlag gestellt werden, der Drehschalter 'Octave' /16/ in Mittelstellung stehen.

8. Um das eingestellte Klangprogramm hörbar zu machen, muß der VCA-Ausgang /17/ noch mit dem Verstärker (Amp) verbunden werden; das Kabel wird dazu zum Eingang 'Audio In' /18/ geführt. Mit dem dazugehörigen Level-Regler /19/ kann die Lautstärke eingestellt werden.

Man kann nun die Klänge des Synthesizers entweder mit dem

Kopfhörer /20/ oder mit dem Lautsprechermodul (Speaker) abhören. (Eine eventuell vorhandene externe Verstärkeranlage, also etwa ein Gitarrenverstärker, wird am 'Line'-Ausgang des Amp-Moduls angeschlossen.)

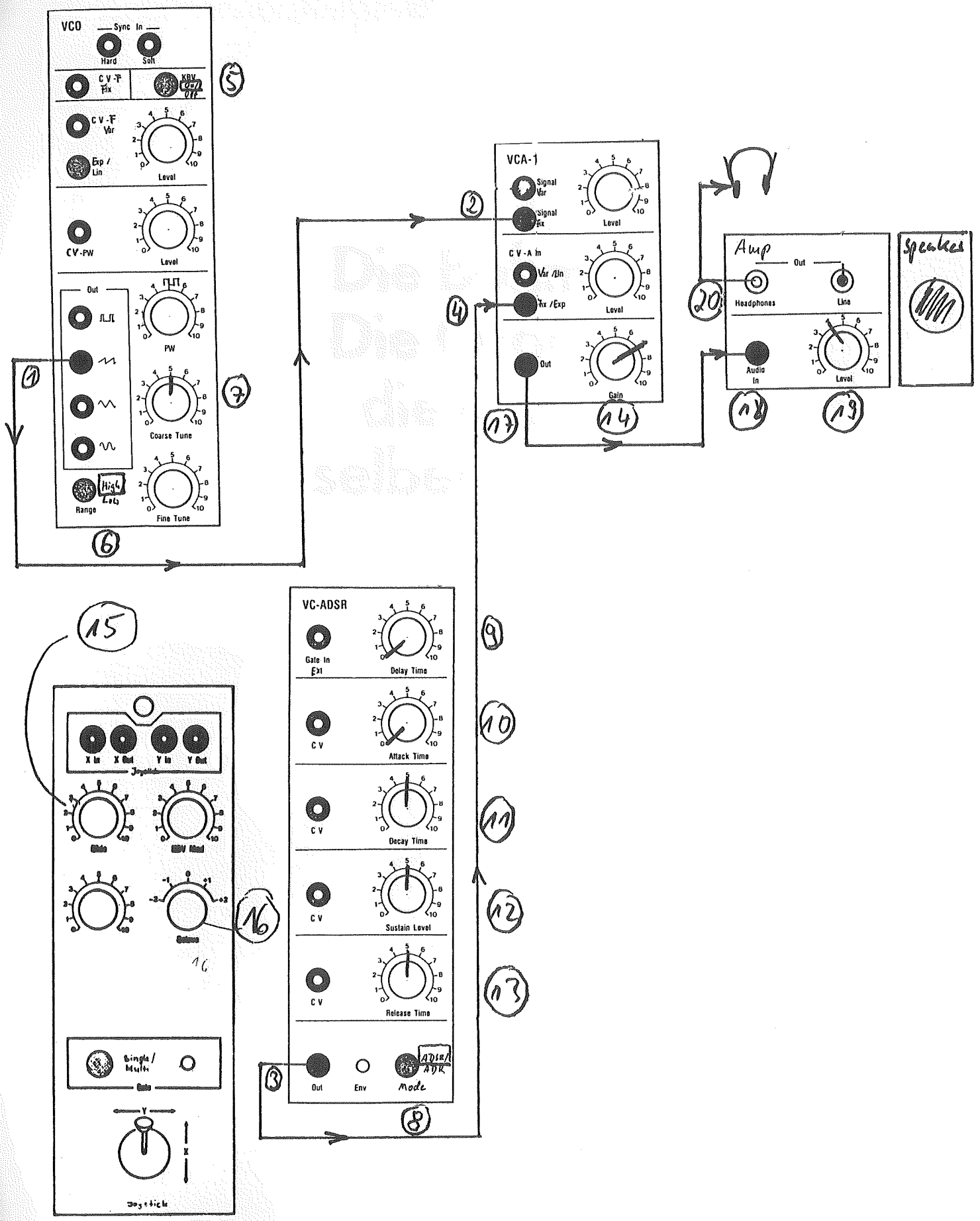
Wenn man jetzt auf dem Keyboard spielt, müßten Töne hörbar werden, die schnell einsetzen und dann weich ausklingen. Der Tonhöhenbereich läßt sich am VCO mit dem Coarse-Tune-Regler verändern, die Form des Klangverlaufs läßt sich mit den Reglern des VC-ADSR-Moduls beeinflussen.

Natürlich sagt dieses Klangbeispiel noch nichts über die erstaunliche Klangvielfalt des Soundlab-Synthesizers aus. Zum Kennenlernen der wichtigsten Möglichkeiten dient das beiliegende Lehrbuch, das schrittweise in die elektronischen Klangstrukturen eines modernen, modular aufgebauten Musiksynthesizers einführt.

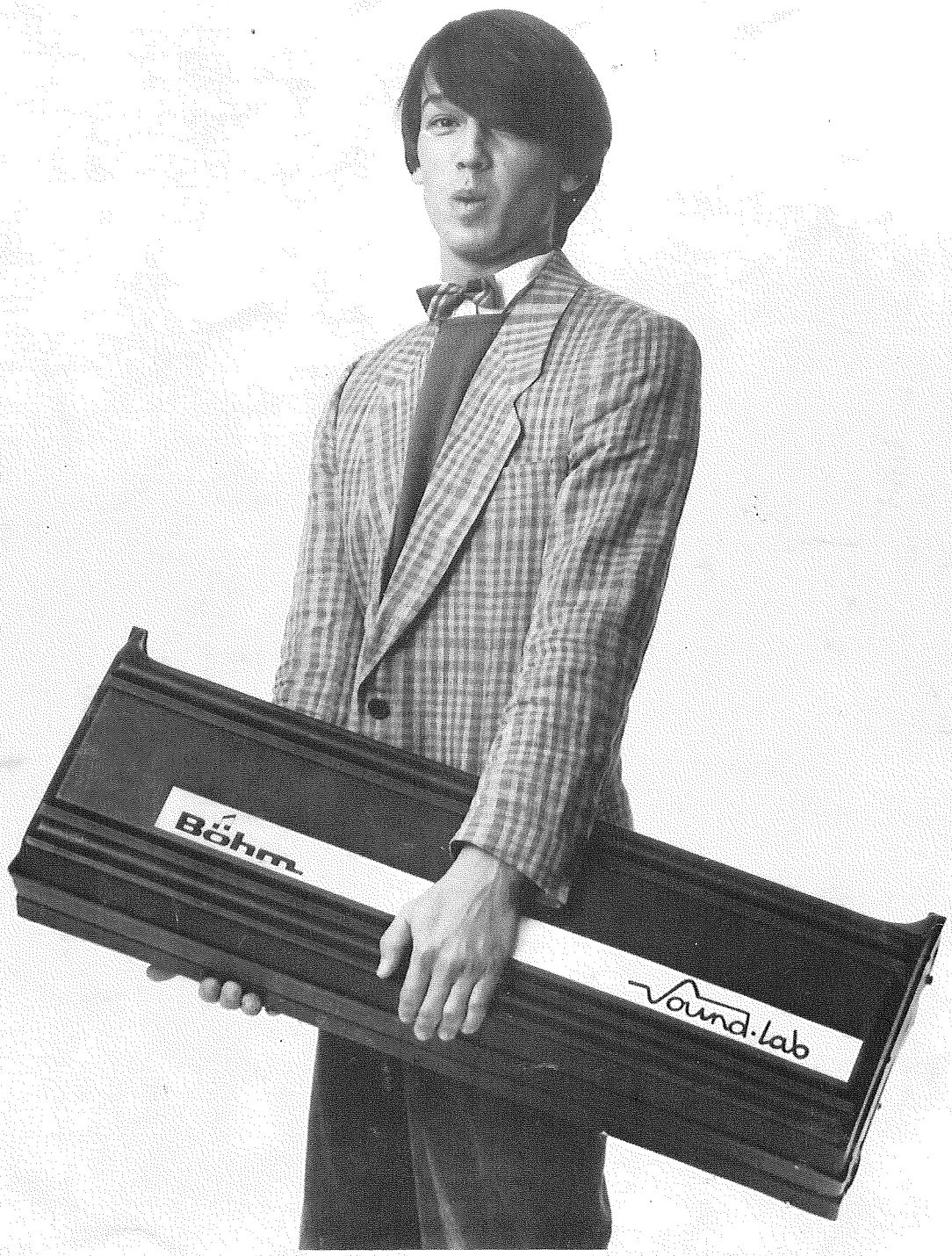
Es schadet aber nicht, wenn man bereits ein wenig experimentiert. Es kann kein Defekt des Synthesizers eintreten, auch wenn man Verbindungen zwischen den einzelnen Bausteinen herstellt, die nicht sinnvoll sind oder keinen musikalisch brauchbaren Klangeffekt ergeben.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Entdeckungsfahrt in die musikelektronische Klangwelt des Soundlab-Synthesizer.

SCHALTPLAN (Patch Diagram) zur ersten Spielprobe



Die Böhm.
Die Orgel,
die man
selber baut.



Dr. Böhm

Minden (Stammhaus) · Kuhlenstr. 130-132
4950 Minden · Tel. (0571) 52031

Berlin · Leibnitzstraße 11-13
1000 Berlin 12 (Charlottenburg) · Telefon (030) 3133020

Bochum · Werner Hellweg 461
4630 Bochum (Werne) · Telefon (0234) 233949

Bremen · Radio Schütte · Bürgermeister-Smidt-Straße 38
2800 Bremen 1 · Telefon (0421) 313328

Düsseldorf · Gräulinger Straße 18
4000 Düsseldorf-Gerresheim · Telefon (0211) 288363

Frankfurt · Rathausplatz 12-14
6236 Eschborn-Ost · Telefon (06196) 46545

Hamburg · Akeleiweg 16 · Tel. (040) 8322987
2000 Hamburg-Groß Flottbek

Köln · Venloer Straße 202
5000 Köln 30 (Ehrenfeld) · Telefon (0221) 525552

Mannheim · Neurottstr. 10
6834 Ketsch bei Mannheim · Tel. (06202) 64740

München · Verdistraße - Ecke Freseniusstraße 2
8000 München 60 · Telefon (089) 8117595

München · Prinzregentenhof, Einsteinstraße 171/173
8000 München 80 (Steinhausen) · Telefon (089) 475126

Nürnberg · Fürther Str. 343
8500 Nürnberg 80 · Tel. (0911) 314800

Stuttgart · Josef-Lanner-Straße 8 (Eingang Silcherstraße)
7032 Maichingen (Sindelfingen 6) · Tel. (07031) 32231

Frankreich · Dr. Böhm-France
Centre Commercial de la Verboise · 71, rue de Suresnes
F-92380 Garches · Telefon (1) 7416433

Niederlande · Herculesplein 229
NL-3584 AA Utrecht · Telefon (030) 523423

Österreich · Simmeringer Hauptstraße 179
A-1112 Wien · Telefon (0222) 765120

Österreich · Berchtesgadener Straße 37
A-5033 Salzburg · Telefon (06222) 46617

Schweiz · Bär Elektronik AG · Glärnischstraße 18
CH-8810 Horgen · Telefon (01) 7252477

© Dr. Rainer Böhm & Co. KG, 1983