

# Inhaltsverzeichnis

---

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| Einleitung                                             | 7         |
| <b>1. Der Aufbau von Röhren und ihre Wirkungsweise</b> | <b>9</b>  |
| 1.1 Die Röhrendiode                                    | 9         |
| 1.2 Fortschritte bei der Herstellung                   | 13        |
| 1.3 Trioden                                            | 15        |
| 1.4 Die Inselbildung                                   | 17        |
| 1.5 Tetroden                                           | 18        |
| 1.6 Pentoden                                           | 20        |
| 1.7 Mehrgitterröhren                                   | 22        |
| 1.8 Verbundröhren                                      | 22        |
| 1.T Theoretischer Teil                                 | 22        |
| <b>2. Basisschaltungen</b>                             | <b>27</b> |
| 2.1 Die grafische Methode                              | 27        |
| 2.2 Ersatzschaltbilder                                 | 29        |
| 2.3 Verstärkung und Impedanzen                         | 31        |
| 2.4 Koppel- und Katodenkondensatoren                   | 36        |
| 2.T Theoretischer Teil                                 | 37        |
| <b>3. Signalverformung</b>                             | <b>41</b> |
| 3.1 Die Ursachen                                       | 41        |
| 3.2 Klangliche Auswirkungen                            | 45        |
| 3.3 Berechnung der Verzerrung                          | 46        |
| 3.4 Minderung des Klirrfaktors                         | 46        |
| 3.5 Intermodulationsverzerrungen                       | 47        |
| 3.T Theoretischer Teil                                 | 49        |
| <b>4. Besondere Schaltungen</b>                        | <b>53</b> |
| 4.1 Die SRPP-Schaltung                                 | 53        |
| 4.2 Die Cascodeschaltung                               | 63        |
| 4.T Geschichtliches                                    | 65        |
| <b>5. Trioden-Endstufen</b>                            | <b>67</b> |
| 5.1 Die Eintakt-Endstufe (Single-ended)                | 67        |
| 5.2 Die Gegentakt-Endstufe (push-pull)                 | 68        |
| 5.3 Röhreneinstellungen und Arbeitspunktwahl           | 71        |
| 5.4 Ansteuerung                                        | 75        |
| 5.T Theoretischer Teil                                 | 76        |
| <b>6. Phasenumkehrstufen</b>                           | <b>81</b> |
| 6.1 Die „Concertina“-Phasenumkehr                      | 81        |
| 6.2 Der Phaseninvertierer                              | 82        |
| 6.3 Der Differenzverstärker                            | 83        |
| 6.4 Historischer Teil                                  | 86        |
| <b>7. Pentoden- und Ultralinear-Endstufen</b>          | <b>91</b> |
| 7.T Theoretischer Teil                                 | 91        |

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>8. Gegenkopplung</b>                          | <b>99</b>  |
| 8.1 Berechnungen                                 | 99         |
| 8.2 Anwendungen                                  | 100        |
| 8.3 Nachteile                                    | 102        |
| 8.4 Klangregelungen                              | 103        |
| 8.5 Miller-Integrator                            | 104        |
| <b>9. Klang-, Volumen- und Balanceregelungen</b> | <b>107</b> |
| 9.1 Passive Klangregelungen                      | 107        |
| 9.2 Aktive Klangregelungen                       | 110        |
| 9.3 Klangregelungen für Gitarrenverstärker       | 112        |
| 9.4 Physiologische oder Loudnessregelung         | 114        |
| 9.5 Lautstärkeregelung                           | 115        |
| 9.6 Balanceregelung                              | 117        |
| 9.7 Fernbedienung – eine sinnvolle Sache?        | 120        |
| 9.T Theoretischer Teil                           | 122        |
| <b>10. Störungsursachen und -erscheinungen</b>   | <b>125</b> |
| 10.1 Mikrofonie                                  | 125        |
| 10.2 Rauschen                                    | 126        |
| 10.3 Brummen                                     | 130        |
| 10.4 Krachen, Rasseln, Schwingen etc.            | 130        |
| 10.T Theoretischer Teil                          | 131        |
| <b>11. Die Spannungsversorgung</b>               | <b>133</b> |
| 11.1 Spannungsversorgung der Endröhren           | 133        |
| 11.2 Die Heizung                                 | 138        |
| 11.3 Verlängerung der Lebensdauer von Röhren     | 143        |
| 11.4 Gitarrenverstärker                          | 147        |
| 11.5 Die Primärseite des Netztrafos              | 149        |
| 11.T Theoretischer Teil                          | 149        |
| 11.H Historischer Teil                           | 152        |
| <b>12. Allgemeine Bauhinweise</b>                | <b>155</b> |
| 12.1 Anordnung von Bauelementen                  | 155        |
| 12.2 Verhalten von Baukomponenten                | 158        |
| 12.3 Bauteileersatz                              | 163        |
| <b>13. Wissenswertes über Röhren</b>             | <b>167</b> |
| 13.1 Röhrencodierungen                           | 167        |
| 13.2 Die ECC8x-Familie                           | 170        |
| <b>14. Der kleine Corrie-Verstärker</b>          | <b>179</b> |
| 14.1 Der Ausgangsübertrager                      | 179        |
| 14.2 Die Endstufe                                | 183        |
| 14.3 Das Netzteil                                | 185        |
| 14.4 Die Vorstufe mit der Klangregelung          | 186        |
| 14.5 Bauhinweise                                 | 187        |
| 14.6 Berechnungen                                | 187        |
| 14.7 Die Einrichtung der Gegenkopplung           | 190        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>15. Ein historischer Entwurf mit amerikanischen Röhren</b>           | <b>191</b> |
| 15.1 Die Phasenumkehrstufe                                              | 191        |
| 15.2 Die Treiberstufe                                                   | 192        |
| 15.3 Die Endstufe                                                       | 192        |
| 15.4 Das Netzteil                                                       | 193        |
| 15.5 Gegenkopplung                                                      | 194        |
| <b>16. „Michelle“ – eine Endstufe mit als Trioden geschalteten EL34</b> | <b>195</b> |
| 16.1 Die Endstufe                                                       | 196        |
| 16.2 Die Phasenumkehr                                                   | 196        |
| 16.3 Die Hochspannung                                                   | 197        |
| 16.4 Die Hilfsspannungen                                                | 197        |
| 16.5 Verbesserungen                                                     | 198        |
| <b>17. Experimenteller Qualitätsverstärker</b>                          | <b>201</b> |
| 17.1 Die Endstufe                                                       | 203        |
| 17.2 Die Treiberstufe                                                   | 204        |
| 17.3 Die Phasenumkehrstufe                                              | 205        |
| 17.4 Die Klangregelung                                                  | 205        |
| 17.5 Der Eingangskatodenfolger                                          | 206        |
| 17.6 Das Netzteil                                                       | 206        |
| 17.7 Der Bau                                                            | 210        |
| 17.8 .... die Geschichte des Baus                                       | 210        |
| 17.9 Punkte, die berücksichtigt werden sollten                          | 210        |
| 17.10 Viele Trafos                                                      | 213        |
| <b>Anhang A: Die komplexe Rechenweise</b>                               | <b>215</b> |
| A.1 Die Theorie                                                         | 215        |
| A.2 Die Anwendung                                                       | 220        |
| <b>Anhang B: Die Arbeitsweise von Transformatoren</b>                   | <b>223</b> |
| B.1 Das Prinzip                                                         | 223        |
| B.2 Kerne                                                               | 223        |
| B.3 Spannungen und Ströme                                               | 225        |
| B.4 Widerstandstransformation                                           | 226        |
| B.5 Der Gleichstromwiderstand                                           | 227        |
| B.6 Die Phasenverhältnisse                                              | 227        |
| B.7 Serien- und Parallelschaltung von Wicklungen                        | 227        |
| B.8 Die Wicklungen                                                      | 227        |
| B.9 Selbstinduktion und Kapazitäten                                     | 228        |
| B.10 Verzerrungen                                                       | 228        |
| B.11 Ein praktisches Beispiel                                           | 229        |
| <b>Anhang C: Referenzen und Literatur</b>                               | <b>231</b> |
| <b>Anhang D: Lieferanten</b>                                            | <b>235</b> |
| <b>Anhang E: Röhrenkennlinien und Daten</b>                             | <b>237</b> |
| <b>Anhang F: Platinenlayouts für den Corrie-Verstärker</b>              | <b>243</b> |
| <b>Anhang G: Zusammenstellung der wichtigsten Formeln</b>               | <b>247</b> |
| Stichwortverzeichnis                                                    | 251        |