

Impulsgerät "Dachsigel"

Allgemeines:

Der ursprüngliche Impulsgenerator für die W-Geräte steuerte den Sender durch Gittertastung. Dieses Verfahren bedingt ein ergiebigeres Netzgerät für hohe Anodenspannungen, welcher Umstand häufig zu Ausfällen des Netzgerätes durch Überschläge führte. Man ging daran, diese Umstände zu beseitigen und richtete die Geräte für Anodentastung ein, wodurch der Igel schaltungsmässig vereinfacht wurde, und ausserdem einen Gewichtsgewinn durch Wegfallen des Netzgerätes, sowie Ventilators zu verzeichnen war. Die elektrische Ausbildung des Dachsigels ist universell, und wird dieser sowohl für den A u. C, als auch D-Betrieb und Riese durch einfache Umschaltung betriebsfähig gemacht. Den einzelnen Betriebsbedingungen entsprechend bekommt der Dachsigel seine Eingangsspannung entweder in Form einer Sinuskurve, beim A- u. C-Gerät, oder als Sägezahn von 3750 Hz beim D-Gerät aus dem Emil, oder als Sägezahn von 1875 Hz beim Riesen aus dem Jupiter.

Arbeitsweise:

Impulswege

Impuls aus
Sinusspannung
3750 Hz
(A- und C-Gerät)

Kathoden- Rückkopplung

Tastimpuls- Zweig

Sperrimpuls- Zweig

Es sind zwei getrennte Impulswege vorhanden, die aus dem Anodenkreis des Eingangsröhres getrennt gespeist werden. Der eine Zug dient zur Erzeugung des Tastimpulses, während der zweite Zug den Sperrimpuls herstellt. Die Impulsableitung erfolgt nunmehr in einem einzigen Rohre. Es besteht wohl ein Nachteil bei der Ableitung des Impulses aus der Sinusform darin, dass der Verstärkungsgrad zu ausreichender Flankensteilheit nicht hinreicht. Dieser kleine Nachteil wird durch einen Schaltungskunstgriff leicht ausgeglichen, indem man von der Kathode der nachfolgenden Röhre auf das Gitter der Impuls-Erzeugerröhre rückkoppelt. Es wird dadurch eine Aufschaukelung der Impuls-Flankensteilheit erzielt. Der Tastimpuls besteht aus 5 Röhren, während der Sperrimpuls 3 Röhren besitzt. (s. Abb. 1)

Das Rohr 1, beiden Zügen gemeinsam, weist den Anodenkreis 2 Impulsableittransformatoren auf. Das Rohr 2 wird gitterseitig von der Sekundärwicklung des einen Impulsgenerator gespeist und dient zur Flankenverstellung. Das Gitter des Rohres 3 erhält die Impulsspannung über eine RC-Kopplung. Anodenseitig ist ein Impulstransformator mit Bandkern eingeschaltet, der die Impulsleistung auf die beiden parallel geschalteten Endleistungsröhren überträgt. Zum Schutze der entnommenen Stossleistung ist eine Schaltung mit einer Gleichrichterröhre Rö 6 im Gitter der beiden Endleistungsröhren eingegliedert. Der Anodenkreis der Endleistungsröhren Rö 4 und Rö 5 enthält den Impulsleistungsträger, dessen Sekundärseite widerstandgedämpft ist und die volle Impulsleistung an die A-node der Senderröhre abgibt.

Der Sperrimpuls beginnt gleichfalls mit Rohr 1, hat aber im Anodenkreis dieses Rohres einen eigenen Impulsableitungstransformator, dessen Schwingungsdauer gegenüber dem Tastimpuls-Transformator grösser ist. Die Sperrzeit ist ja bekanntlich von längerer Dauer als die Tastzeit, um eine absolut sichere Sperrung des Mischkopfes zu erzielen.

Impulsgerät "Dachsigel"

- Umschalter U 2** Anschliessend sind die technischen Vorgänge beschrieben, die beim Umlegen des Schalters U 2 nach oben, also A- u. C-Betrieb, auftreten. Die Eingangsspannung ist sinusförmig mit einer Frequenz von 3750 Hz, und einem Scheitelwert von ca. 42 Volt. Die Spannungsquelle ist der Tongenerator im Orion, dessen Funktion als bekannt vorausgesetzt wird. In der Zuführungsleitung vom Orion liegt noch ein RC-Glied zur Herstellung der richtigen Phase. Nach dem Phasenglied ist ein hochohmiger Abschlusswiderstand angebracht, dessen eines Ende an Masse, das andere Ende an der Spannungsquelle bzw. über einen 50 Kiloohm-Widerstand am Gitter des Rohres RÖ 1 liegt. Die Röhre RÖ 1 ist eine LV 1 und als Penthode geschaltet. Die Gittervorspannung ist 0 und Bremsgitter sowie Kathode sind zusammen an Masse gelegt. Das Schirmgitter empfängt eine Spannung über einen Vorwiderstand.
- sinusförmige Eingangsspannung**
- Anschaltung an RÖ 1**
- Allgemeines über Schirmgitterspannungen im Dachsigel** Bei dieser Art der Spannungszuführung kann die Schirmgitterspannung bei ungeeigneten Dimensionierung der Schaltelemente ausweichen und ein Abgleiten der negativen Vorspannung bewirken. Diese ist absolut zu vermeiden, da sich mit der Vorspannung auch der Arbeitspunkt ungünstig verlängert. Ein Konstanthalten der Schirmgitterspannung ohne Spannungsteiler wird durch den Vorwiderstand in Verbindung mit einem Ableitkondensator ausreichender Grösse erzielt. Die Zeitkonstante des Schirmgitterkomplexes muss so gross gewählt werden, dass die Spannung während der Impuls-Belastung nicht übermässig absinken kann. Diese Art der Spannungszuführung ist an den Röhren RÖ 1, RÖ 2 und RÖ 7 praktisch durchgeführt. Die Röhren RÖ 3 und RÖ 6 weisen einen Spannungsteiler auf, da die Schirmgitterspannung direkt von der Anoden-Hochspannung aufgenommen wird und deshalb stark reduziert werden muss.
- Anodenkreis RÖ 1** Im Anodenkreis befinden sich die primärseitig hintereinander geschalteten Impulstransformatoren für den Tast- sowie Sperrimpuls. Der elektrische Vorgang der Steuerung ergibt sich folgend:
- Vorgang der Steuerung in RÖ 1 (Gitterstrom-Gleichrichtung)** Die am Widerstand W 2 auftretende Sinusspannung liegt gleichzeitig an einem Spannungsteiler bestehend aus dem 50 Kiloohm-Widerstand W 3, sowie dem dynamischen Widerstand Gitterkathodenstrecke von RÖ 1. (s. Abb. 2 a) Die Widerstandscharakteristik dieser Gitterkathodenstrecke während einer Periodendauer ist parabel-ähnlich und hat die Grenzpunkte bei negativer Spannung im Unendlichen. Der Widerstandswert erreicht bei positivem Maximum der Steuerspannung einen Minimalwert und steigt bei negativ werdender Spannung nach Unendlich an. Der Mittelwert des Widerstandes während der positiven Halbwelle beträgt ca. 1000 Ω . Die Betrachtung dieses spannungsabhängigen Spannungsteiler ergibt Reduktion der positiven Halbwelle im Spannungsteiler-Verhältnis 5:1. Das bedingt ein Absinken der positiven Steuerspannungs-Halbwelle auf einer Amplitude von ca. 0,8 Volt. Die negative Halbwelle weist keine Schwächung auf, da während dieser Periodenzeit der Spannungsteiler durch den hohen Gitter-Kathoden-Innenwiderstand praktisch wirkungslos ist. (s. Abb. 20)

Impulsgerät "Dachsichel"

**Entstehung der
Impulskurve
im Gitterkreis
der R₅ 1**

Für die Impulsableitung ist die Gitter-Kathoden-Kapazität nicht zu vernachlässigen. Sie geht mit dem Gitterwiderstand bzw. mit dem Gitterkathoden-Innenwiderstand in zwei Zeitkonstanten ein, deren Werte voneinander sehr verschieden sind. Diese Zeitkonstanten bestimmen die Übergänge der Steuerspannungs-Kurven in der Nähe der Null-Linie.
(s. Abb. 2 c)

Durch die Gitterkathoden-Kapazität wird eine Phasenverschiebung der Steuerspannung gegenüber der Ursprungsspannung hervorgerufen, die während der negativen Halbwelle im Sinne einer Nacheilung zur Wirkung kommt. Der positive Kurvenzug geht daher nicht direkt in den negativen über. Die an der Null-Linie verbleibenden Übergangslücken werden durch einen Ausgleichsvorgang, hervorgerufen durch obengenannte Zeitkonstante, überbrückt. Beim Übergang vom positiven Teil in den negativen (Ladung des Kondensators) ist die Zeitkonstante, bedingt durch das grosse Vorschalt-R gross. Der Angleich der beiden Kurven erfolgt schleifend. Die Tangente im Durchgangspunkt ist sehr flach. Beim Übergang vom negativen Teil zum positiven ist die Zeitkonstante, bedingt durch das kleine R_i, klein, der Angleich dadurch sehr scharf. Die Tangente im Durchgangspunkt ist in diesem Fall sehr steil. Die Ableitung eines Impulses wird gewöhnlich an der steilen Stelle vorgenommen, also am Übergang der negativen Halbwelle in die positive.

**Trapezförmige
Gitterspannungs-
Impulskurve**

Zur Aussteuerung wird die negative Halbwelle in ihrer Amplitude um ein Vielfaches grösser als die Sperrspannung des Rohres genommen. Hierdurch wird eine trapezförmige Gitterspannungs-Kurve erzielt, die in ihrer Flankensteilheit durch die Eigenverstärkung des Rohres stark hinaufgesetzt wird. Trotzdem ist die Steilheit zur einwandfreien Erzeugung eines Impulses noch nicht geeignet, und wird durch Rückkopplung über einen Gleichrichter die Überlängerung eines Sägezahn-Abschnittes über die Sinus-Kurve im negativ ansteigendem Ast durchgeführt. (s. Abb. 3 a)

**Kathoden-Rückkopplung zur Erzielung einer sägezahnförmigen Impulskurve
(von R₅ 2 auf R₅ 1)**

Durch dieses steile Kurvenstück schakelt sich innerhalb kürzester Zeit der Impuls auf die gewünschte Höhe, sodass gegenüber der Erregung durch Sägezahn bei "Würzburg D" und "Riese" praktisch kein Unterschied mehr besteht. Die Rückkopplung geht vom Kathodenwiderstand der Röhre R₅ 2 aus. An diesem 500 Ohm-Widerstand tritt ein negativer Impuls von geringer Steilheit und Amplitude auf, der über einen Gleichrichter dem Kondensator C 2 zugeführt wird. Der Gleichrichter ist so geschaltet, dass ein Stromfluss stattfindet, wenn der Verbindungspunkt zwischen Gleichrichter und Kondensator gegenüber Masse positiver wird. Ist kein Impuls am Gitter von R₅ 2, so fliesst über den Kathodenwiderstand ein entsprechender Dauerstrom. Der Kathodenpunkt ist positiver als Masse und lädt über den Sperrwiderstand des Gleichrichters den Kondensator nach seiner RC-Konstante auf. Setzt der Impuls am Gitter von R₅ 2 ein, so wird das Kathoden-Potential herabgesetzt und der Kondensator C 2 entlädt sich über den kleinen Kathodenwiderstand W 10. Die Zeitkonstante ist sehr klein und die Entladekurve ziemlich steil.

Gleichrichter

**Kondensator C 2
Widerstand W 10**

Impulserät "Dachsiegel"

**Kath.widerstand
W 10**

Diese Entladekurve, die schon als Sägezahn bezeichnet werden kann, überlagert sich im Ursprung der Sinuswelle und ruft einen etwas steileren Impuls in den übertragenen $\bar{U} 1$ und $\bar{U} 2$ hervor. Diese steileren Impulse bewirken wieder über den Kathoden-Widerstand W 10 eine noch steilere RC-Abklingkurve, die von neuem auf das Gitter von R $\bar{0} 1$ rückgekoppelt wird. Dieses schaukelt sich solange auf, bis die durch die Kreiskonstanten bestimmten Amplituden und Steilheitswerte erreicht sind. Auf diese einfache Art steht die Impuls-Ableitung kaum hinter der durch von aussen kommenden Sägezahn zurück.

Anodenkreis R $\bar{0} 1$

**Impulsbreiten von
Tastimpuls und
Sperrimpuls
durch $\bar{U} 1$ und $\bar{U} 2$**

Im Anodenkreis der ersten Röhre liegen hintereinander geschaltet die beiden Schwingungskreise zur Erzeugung des Tast- und Sperrimpulses. Da die Zeiten beider Impulsbreiten verschieden sind, der schmale Tastimpuls jedoch in der Mitte des Sperrimpulses liegen muss, (s. Abb.3b) wurde eine besondere Anordnung der Konstanten beider Schwingungskreise gewählt. Der Übertrager $\bar{U} 1$ erzeugt den Tastimpuls, während $\bar{U} 2$ in seiner Eigenschwingung den Sperrimpuls liefert. Um den Tastimpuls in der Mitte des Sperrimpulses zu bekommen wählt man die Selbstinduktion vom Übertrager $\bar{U} 2$ sehr gross, während die vom $\bar{U} 1$ klein gehalten wird. Durch das andere LC-Verhältnis von $\bar{U} 1$ wird die steile Flanke der Anschwinghalbwelle erst nach erst nach einem flachen Anlauf erreicht, während bei $\bar{U} 2$ der senkrechte Anstieg schon vom Nullpunkt aus beginnt. (s. Anhang 1)

**Anstossvorgang und
Flankensteilheit**

Bei kleinem L und grossem C wird auch die Streuung eines Kreises grösser, dieses ist aber gleichbedeutend mit einer Verminderung der fiktiven Schaltimpuls-Flankensteilheit. Da beide Impulskreise von ein und derselben Flanke angestossen werden, so kann man den Anstossvorgang nach dieser Methode in 2 Vorgängen von verschiedener Steilheit zerlegen, was im Anhang 1 behandelt ist. Ausser der Verschiebung der Abklingzeit des Tastkreises kommt noch die in gleicher Richtung wirkende Zündverzögerung des Senderrohres hinzu, sodass bei zeitlicher Überlagerung des Tast- und Sperrimpulses ersterer annähernd in der Mitte des letzteren liegt. Die Breite des Tastimpulses beträgt 1,8 μ sek. Der Sperrimpuls hat eine Zeitdauer von 4 μ sek. Die zeitliche Differenz der Einschaltflanken zwischen Tast- und Sperrimpuls muss gleich oder grösser als 0,33 μ sek. sein. (Beim Einstellen der Impulsbreiten bedient man sich der Skala am Emil). Einer μ sek. entspricht ein Weg von 300 m im Raum. Da am Emil jedoch die Eichung nur für eine Weglänge bei der Rückstrahlungsmessung angebracht ist, so beträgt der Wegwert auf der Skala nur 150 m, d.h. ein Impuls von 1,8 μ sek. Zeitdauer entspricht einer Wegeinstellung von 270 m am Phasenschieber, und ein Impuls von 4 μ sek. Zeitdauer einem Weg von 600 m auf der Skala.

**Tastimpuls 1,8 μ sek
Sperrimpuls 4 μ sek**

**Einstellung der
Impulsbreiten**

**Impulsform des
Anodenstroms und
sein Abbild im
Spannungsabfall
am Anodenwiderstand**

Die Dämpfung ist in beiden Kreisen so gross, dass die Schwingung sehr rasch abklingt. In der Sekundär-Wicklung wird der Schwingungsvorgang um 180° phasenverdrehet und durch Gitterstrom die positiven Restteile der Schwingung abgedämpft.

Am Gitter von RÖ 2 erscheint daher ein sehr steiler Tastimpuls, der das vorgespannte Rohr soweit ins Negative aussteuert, dass im Anodenkreis ein rechteckiger Strom-Impuls vorhanden ist. Dieser Anodenstrom-Impuls hat einen analogen Spannungs-Impuls im Anodenwiderstand zur Folge. Dieser ist am Gitter von RÖ 3 rechteckig, wenn dieses Rohr die volle Spannung aufweist. Ist die Anodenspannung abgeschaltet, so bildet sich am Gitter ein zusammengeschrumpfter und verzerrter Steuerimpuls aus. Im Anhang 2 sind diese Vorgänge näher erläutert.

Gitterkreis RÖ 3

Da der Gitter-Impuls für RÖ 3 positiv ist, wird eine Gittervorspannung benötigt, die sämtliche Ankling-Vorgänge des Impulses in der Nähe der Null-Linie abschneidet, sodass zur Steuerung ein praktisch einwandfreies Rechteck zur Verfügung steht. Da bei positiven Impulsen die Aussteuerung in Richtung des Gitterstromes führt, wäre dadurch ein Abwandern des Arbeitspunktes auf eine andere Kennlinie möglich. Man hält den Arbeitspunkt starr, Festhalten der Schirmgitterspannung mit einem Spannungsteiler. Bei Impulsen, die ins Negative aussteuern, ist keine Gefahr des Abwanderns vorhanden, sodass hier die Schirmgitterspannung gleitend gemacht wird, was durch einen einzigen Vorwiderstand zu erreichen ist. (siehe Röhre 1,2 und 7)

Starre Schirmgitterspannung an RÖ 3

Ü 3 im Anodenkreis der RÖ 3

Im Anodenkreis von RÖ 3 befindet sich der Impulsübertrager Ü 3, der in seiner Induktion und seiner sekundären Dämpfung so bemessen ist, dass ein merklicher Abfall des Daches nicht eintritt.

Erzeugung der negativen Gittervorspannung für RÖ 4 und 5

Die Sekundärseite des Impulsübertragers liefert die Steuerspannung als positiven 320 Volt hohen Impuls, der die Gitter der beiden parallel geschalteten Taströhren RÖ 4 und RÖ 5 beaufschlagt. Die negative Gittervorspannung wird automatisch über den Kathoden-Komplex erzeugt. Der Widerstand besteht aus 2 Teilen, W 18 und W 19, von denen letzterer durch einen Schalter U 3 nach ~~2300~~ überbrückt werden kann. Dieses erscheint notwendig, wenn mit der Tastfrequenz von 1875 Hz gefahren wird. Die beiden Endröhren sind Trioden in Spezialschaltung mit einer Anode, aber 2 Gittern und 2 Kathoden. Für die hier angewandte Schaltung sind die Gitter über Schutzwiderstände, die Kathoden direkt parallel geschaltet. Der Arbeitspunkt und die Höhe des Gittersteuer-Impulses sind so gewählt, dass eine Aussteuerung ins Positive auf ca. 110 Volt erfolgt. Für den grossen Leistungsumsatz im Anodenkreis wird auch eine Gitterleistung benötigt. Wenn der Impuls fortbleibt, so wäre die grosse Gefahr einer Überlastung der Endröhren vorhanden. Eine Schutzschaltung mit der Diode RÖ 6 vermeidet dieses. Die Anode der Diode liegt an der Null-Leitung, während die Kathode mit dem kalten Ende der Sekundärwicklung des Übertragers Ü 3 verbunden ist. (s. Abb.4)

Gitter-Steuerimpuls an RÖ 4 und 5

Schutzschaltung mit RÖ 6 zum Schutz der RÖ 4 und 5 gegen Überlastung bei Ausbleiben des Steuerimpulses

Die Diodenstrecke liegt parallel zum Widerstand W 17 und Kondensator C 14. W 17 ist ein Teil eines Spannungsteilers mit den Widerständen W 29 und W 28 und liegt an der vollen Anodenspannung der Endverstärker-Röhren. Ist der Impuls vorhanden, so schliesst die Diode den Widerstand W 17 kurz, und der Fusspunkt der Sekundärwicklung von Ü 3 liegt an der durch den Kathoden-Komplex bedingten negativen Gittervorspannung.

Impulsgerät "Dachsigel"

Fällt der Impuls aus, so ist der Innenwiderstand von R₆ 6 sehr gross und es kommt der Spannungsabfall an W 17 zur Geltung. Der Spannungsteiler ist so bemessen, dass die Gittervorspannung positiver wird, sodass die Röhren R₄ 4 und R₅ 5 einen grösseren Anodenstrom ziehen, der das

~~R₂-Schutzschaltungs-Relais~~ in der Katze zum Ansprechen bringt und die Anodenspannung abschaltet. Im Anodenkreis der Endleistungsröhren liegt der Impuls-Transformator U 4. Der Impuls ist primärseitig negativ. Die Höhe der Impulsspannung ist so gross gewählt, dass eine Restspannung beim A- und D-Betrieb von ca. 200 Volt verbleibt.

Anodenkreis R₄ 4 u. 5

Beaufschlagung des Dachs-Igels (R₁ 1) mit Sägezahnspannung 3750 Hz (D-Gerät)

Bei Beaufschlagung des Dachsiegels durch einen Sägezahn von 3750 Hz wird der Widerstand W 3 durch den Umschalter U 2 kurzgeschlossen. Durch die eindeutige steile Flanke des Sägezahns werden die beiden Impuls-Transformatoren angestossen und erzeugen einen eindeutigen Einschwingvorgang. Dieser ist schöner und flankensteiler als beim Sinusbetrieb und braucht daher nicht mehr von der Kathode der Röhre R₂ 2 an das Gitter von R₁ 1 rückgekoppelt zu werden. Umschalter U 2 schliesst daher auch den Kathodenwiderstand W 10 vom Rohr 2 kurz. Der weitere Impulsverlauf stimmt mit dem auf dem Sinus abgeleiteten überein und differiert nur in seinen Spannungs- und Stromwerten um Geringes. Die Spannungs- und Stromverläufe bei den einzelnen Steuerungsarten werden am Ende des Abschnittes behandelt. Der dritte Steuerungsfall ist die Beaufschlagung des Gitters mit einem Sägezahn von 1875 Hz. Der Impulsverlauf ist mit dem vom 3750 Hz identisch und weist nur Unterschiede in der Strom- und Spannungsverteilung auf. Der Kathodenwiderstand der beiden Leistungsröhren RL 12 T 75 muss bei Betrieb mit 1875 vergrössert werden, da sonst die negative Vorspannung nicht den erforderlichen Wert erreichen würde. Der Schalter U 3 überbrückt bei A-, C und D-Betrieb einen Teil des Kathodenwiderstandes und gibt diesen nur beim Riesenbetrieb durch Öffnen vollkommen frei.

Beaufschlagung des Dachs-Igels (R₁ 1) mit Sägezahnspannung 1875 Hz (Riese)

Spannungs- und Stromverteilung an den einzelnen Röhren :

Nun soll noch etwas näher auf die Spannungs- und Stromverteilungen innerhalb der Röhren bei den einzelnen Betriebsarten eingegangen werden.

Tastimpuls
Röhre 1

Am Rohr 1 liegt die konstante Anodenspannung von 350 Volt, da der Ohm'sche Widerstand der Impuls-Transformatoren, somit auch der Ohm'sche Spannungsabfall gering ist. Die Stromwerte bei den einzelnen Betriebsarten differieren untereinander. Beim A- und C-Betrieb steuert die breite Sinusspannung das Gitter des Rohres 1 weit über die Sperrspannung durch, sodass anodenseitig im Ruhestrom, der durch den Schnittpunkt der Kennlinie mit der Gitterspannung Null-Linie bedingt ist, trapezförmige stromlose Ausschnitte entstehen. Der Mittelwert des während einer Periode verbleibenden Ruhestromes beträgt ca. 26 mA. Bei Steuerung durch einen Sägezahn von 3750 Hz sind die stromführenden Sägezahnteile flächemässig geringer als bei Sinussteuerung. Die Mitteilung des Anodenstromwertes ergibt ca. 19 mA. Bei Steuerung mit Sägezahn von 1875 Hz verschiebt sich das Verhältnis des stromdurchflossenen Anteils zum stromlosen Anteil noch mehr zu Gunsten des letzteren, sodass der mittlere Anodenstrom auf ca. 14 mA absinkt (s. Abb.5)

Impulsgerät "Dachsigel"

noch Röhre 1

Bei der Schirmgitterspannung liegen ähnliche Verhältnisse, wie bei der Anodenspannung. Die Gewinnung erfolgt über einen Vorwiderstand und einen schirmgitterseitig vorhandenen Schlusskondensator. Durch Wahl einer grossen RC-Konstante wird die Spannung praktisch am Schirmgitter konstant gehalten. Bei Nichtvorhandensein des Schlusskondensators bildet sich am Schirmgitter ein Impuls aus wie an der Anode. Bei kleinem Kondensator wird der Impuls verschliffen um bei grossen Kondensator ausgeglichen zu werden, wobei die Spannung bei Einsatz des Impulses nur um geringe Grösse absinkt. Die Spannung am Schirmgitter ist von der Stromverteilung abhängig, und diese ist für die 3 Betriebsbedingungen voneinander verschieden. Den grössten Strom haben wir wieder bei Sinussteuerung, daher auch durch den hohen Spannungsabfall bedingt, die kleinste Schirmgitterspannung. Für den Sägezahnbetrieb mit 1875 Hz ist der Mittelwert des Stromes am kleinsten, daher eine Schirmgitterspannung am grössten. Die Werte sind:

Bei A - und C - Betrieb:	Spannung	235 Volt,	Strom	2,5 mA
	D - "	"	250 "	" 1,8 "
	R - "	"	270 "	" 1,3 "

Röhre 2

An das Gitter von Rohr 2 gelangt ein negativer Impuls, der durch die Sperrspannung von ca. 30 Volt abgeschnitten wird. Letztere ist eine konstante Grösse und ist gegeben als Produkt von Schirmgitterspannung mal Schirmgitterdurchgriff. Die Anodenspannung an Röhre RÖ 2 ergibt sich aus der Batterie-Spannung, vermindert um den Spannungsabfall durch den Ruhestrom. Da während des Impulses entsprechende Stücke aus dem Ruhestrom herausgeschnitten werden, so stellt sich wieder ein mittlerer Anodenstrom ein, der für die Sinussteuerung den kleinsten Wert besitzt, da der Impuls an der Basis stark verbreitert ist. Bei der Steuerung mit den Sägezähnen ist dieser Mittelwert grösser, weil die Impulse durch Sägezahnsteuerung exakter sind. (s. Abb. 6)

Ausserdem ist bei D- und R-Betrieb der Kathoden-Widerstand von 500 Ohm kurzgeschlossen. Bei A-Betrieb entsteht an dem Kathoden-Widerstand ein Spannungsabfall um den die Anodenspannung höher erscheint. Dieselben Vorgänge treten am Schirmgitter von RÖ 3 auf.

Bei A-Betrieb	ist die Anodensp.	50 V,	der Strom	60 mA
" D- "	" " " "	" 20 V	" "	60 mA

und Riese

Röhre 3

Der Gitterimpuls für das Rohr 3 ist positiv und steuert von einer negativen Grundvorspannung aus dem Strom nach positiven Werten. Die Steuerung in positive Gittervorspannung ist notwendig um grössere Leistung der Anode des Rohres zu entnehmen, die für die A ufwendung der Gitterleistung der Endstufe gebraucht wird.

Die Anodenspannung an RÖ 3 beträgt 2300 Volt, da der Spannungsabfall in Ü 3 vernachlässigbar ist.

Da der Gittersteuer-Impuls positiv ist, muss eine negative Gittervorspannung vorhanden sein, die automatisch am W14/510 Kathoden-Komplex abgenommen wird. Die RC-Konstante hat eine solche Grösse, dass der Abfall in den Tastpausen unmerklich ist. Der Anodenspannungs-Impuls ist negativ und steuert nicht bis zur Null-Linie herunter.

Impulserät "Dachsigel"

RÖHRE Röhre 3

Eine Restspannung muss für einen einwandfreien Betrieb vorhanden sein und ist bedingt durch die Steilheit der Widerstandsgraden im e und i Diagramm. Die Anpassung an den Ersatz-Widerstand der Gitterkathoden-Strecke des nachfolgenden Röhren-Komplexes an dem Innen-Widerstand von RÖ 3 erfolgt über den Impuls-Transformator U 3. Der Arbeits-Widerstand muss so angepasst sein, dass im Arbeitspunkt die Verlustleistung nicht überschritten wird. Die maximale Impuls-Leistung muss zur Deckung der Gitterleistung der Endverstärkerrohren ausreichen. Die Widerstände übersetzen sich in einem Übertrager bekanntlich im Quadrat des Übersetzungs-Verhältnisses, während die Spannungen linear damit umgesetzt werden. Beim A- und D-Betrieb ist annähernd der gleiche Anodenstrom zu verzeichnen, während beim R-Betrieb bedingt durch die halbe Frequenz, der A-nodenstrom geringer ist. Die Schirmgitterspannung wird mit einem Spannungsteiler konstant gehalten und ist dieses auch im A - und D - Betrieb. Die Schirmgitterspannung

bei A ist 500 Volt, Strom 0,33 mA
 " D 500 " " 0,37 mA

Röhre 4 und 5

Beim R-Betrieb ergibt sich die halbe Frequenz bei derselben Zeitkonstante ein kleiner Aufladewert und kleinerer Schirmgitterstrom, sodass die Spannung bei einem Strom von 0,25 ma 600 Volt beträgt./Der Steuerimpuls für die beiden Endleistungsröhren (Type RL 12 T 75) ist positiv. Die erforderliche negative Gittervorspannung in der Höhe von 210 Volt bei A- und D-Betrieb und 240 Volt bei R-Betrieb wird automatisch am Kathoden-Komplex gewöhnen, dessen Kathoden-Widerstand zweigeteilt ist und in seinem kleineren Ohm'schen Teil durch einen Schalter U 3 überbrückt werden kann. Dieses ist beim A- und D-Betrieb notwendig, da bei der Tastfrequenz von 3750 Hz gegenüber der von 1875 Hz beim Riesen eine zu grosse negative Vorspannung entstehen würde. Analog den Frequenzen verhalten sich auch die Anodenströme, die bei einer konstanten Gleichspannung von 2300 Volt für A und D ca. 90 mA betragen, während beim Riesenbetrieb der Stromwert auf 60 mA herabsinkt.

Die Restspannung ist beim Riesen-Betrieb durch den grössten Spannungsabfall im Kathoden-Widerstand kleiner als beim A - und D-Betrieb.(Wegen Aussteuerung der Gitter bis plus 130 Volt) Um die Kennlinie zur Leitungsgewinnung während der Impulszeiten ordentlich auszusteuern, muss die Gitter-Stuer-Spannung in das positive Gitterspannungs-Gebiet hineinsteuern. Die positive Steuerspitze beträgt 130 Volt.

U4(Tastimpuls-Leistungstraf)

Im Anodenkreis der beiden Leistungsröhren RÖ 4 und RÖ 5 liegt der Tastimpuls-Transformator. Er übersetzt die Spannung h inauf und überträgt impulsförmig die gesamte Leistung. Das Charakteristische bei Impuls-Transformatoren ist eine hohe Induktivität und äusserst geringe Streuung. Im Ersatzschaltbild können wir den Transformator als Induktivität parallel zum Arbeitswiderstand (Sender) mit einer primärseitig sehr kleinen vorgeschalteten Streuinduktivität darstellen.

noch Ü 4 (Tastimpuls-Leistgstrafo)

Beim Oszillographieren der primären Spannung wird ein kleiner Einschwingvorgang sichtbar, der sich an der Ausschaltflanke den Impulsdach überlagert. Dieser rührt von der Eigenkapazität und der Streuinduktivität her. Die Einschaltflanke geht über die Null-Linie hinaus und klingt dann nach der R- durch L-Konstante ab.

Ein Transformator überträgt bekanntlich nur Wechselströme, sodaß auch beim Impuls ein negativer und positiver Anteil vorhanden ist. Die beiden Teile sind flächengleich. Da sekundär eine starke Ohm'sche Dämpfung vorliegt, so überträgt sich der Einschwingvorgang am Impulsdach kaum, und das Überschwingen an der zweiten Schaltflanke im geringen Masse, sodass der sekundär erhaltene positive Tastimpuls praktisch als rechteckig anzusprechen ist. (s. Abb. 7).

Einschwingvorgang am Ü 4 (Einschaltflanke)

Der physikalische Vorgang beim Einschalten der Flanke ist folgendermaßen:

Z. Zt. t gleich 0 steigt die Stromflanke plötzlich an und steht am Widerstand, vorausgesetzt, dass L sehr groß ist. Nach dem ersten Schaltstoß bildet sich in der Induktivität erst die Stromänderung aus, die die Gegenspannung bewirkt, sodass nun, durch die Konstanten bedingt, das Impulsdach abfällt. Bei der zweiten Impulsflanke sinkt der Strom plötzlich ab, die Spannung am Widerstand verschwindet, während sich durch die abermalige Stromänderung eine Gegen spannung im entgegengesetzten Sinne zum ersten Vorgang aus bildet. Ist der Strom der Abschaltflanke gleich dem der Einschaltflanke, so sind auch beide Spannungshöhen untereinander gleich. Praktisch ist dieses jedoch nicht der Fall, da am Impuls-Transformator im Moment der steilen Einschaltflanken große Widerstände durch Hysterisis und Wirbelstromverluste, sowie durch Magnetisierungs-Strom des hochgesättigten Kernes auftreten. Daher steigt während der Stromänderung Null durch fortfallen dieser Widerstände (am Impulsdach) um etliche Prozent an, sodass beim Abschalten des nun höheren Stromwertes auch eine größere Abschalt-Spannungsflanke zustande kommt. Außerdem tritt noch ein Überschwingen, hervorgerufen durch das L und das Eigen-C des Kreises auf.

Abklingen des Einschwingvorganges am Ü 4 (Sekundärseite)

Das Abklingen des Überschwingens erfolgt nach Konstanten des Übertragers, würde das L klein sein, so wäre die Übertragung einer geraden Schaltflanke nicht möglich und diese würde nach der entsprechenden Zeitkonstante langsam abklingen. Die Dämpfung des Sekundärkreises am Übertrager Ü 4 besteht ausser dem Sendewiderstand noch aus einer Serienschaltung mehrerer Widerstände, die gleichzeitig zur Spannungsteilung für die Messung an Buchse Ü 9 dienen.

Sperrimpuls
Röhre 1

Der Sperrimpuls wird im Übertrager Ü 2 des Rohres RÜ 1 erzeugt. Die Periodendauer ist größer und im Anschwingen zu gestatten, dass der Tastimpuls zeitlich gesehen annähernd in die Mitte des Sperrimpulses zu liegen kommt.

Impulsgerät "Dachsichel"

Röhre 7

Der Steuerimpuls ist wie beim Tastimpuls negativ und gelangt an das Gitter von R8 7. Die Gittervorspannung ist Null, daher arbeitet das Rohr im Dauerstrich. Eine Unterbrechung des Anodenstromes findet nur während der kurzen Impulszeiten statt, sodass, um die Verlustleistung nicht zu überschreiten, die an der Anode liegende Spannung klein gehalten werden muß. Die Betriebsspannung beträgt 350 Volt und teilt sich auf den Arbeitswiderstand, sowie die Röhre auf. Die Anoden-Spannung resultiert aus Betriebsspannung, vermindert um den Spannungsabfall im Anoden-Widerstand, und beträgt 25 Volt für alle drei Betriebsarten für einen Anodenstrom von 65 mA. Das Schirmgitter erhält seine Spannung über einen Vorschaltwiderstand und wird durch den Parallel-Kondensator in der Höhe konstant gehalten. Die Steuerspannung für R8 8 ist ein positiver Impuls. Die negative Gittervorspannung wird mittels des Kathoden-Komplexes gewonnen. Für A- und D-Betrieb beträgt sie 250 Volt, während beim R-Betrieb (halbe Frequenz) die Spannung kleiner wird und 180 Volt aufweist. Die Restspannung ist bei A- und D-Betrieb annähernd gleich in der Höhe von 55 Volt und hat bei R-Betrieb wegen der Potential-Verlagerung, hervorgerufen durch die halbe Frequenz, eine Höhe von 35 Volt.

Röhre 8

Die Anodenspannung an R8 8 ergibt sich als Differenz zwischen Betriebsspannung von 2300 Volt und der negativen Vorspannung und Anodenrest-Spannung. Der Anodenstrom für A und D beträgt 7,8 mA, für R-Betrieb 4,5 mA.

Die Schirmgitterspannung ist für A- und D-Betrieb 400 Volt, der Strom 1,85 mA. Bei R-Betrieb steigt die Spannung auf 500 Volt, während der Schirmgitterstrom 1,05 mA aufweist. Am Anoden-Widerstand, der aus drei Teilen zusammengesetzt ist, werden die beiden Sperr-Spannungen abgenommen. Am vollen Widerstand die 2 kV für die Mischdiode und am Teilwiderstand von 200 Ohm ca. 100 Volt für den Zobel.

Abhängigkeit zu "Dachsichel"

Röhrendaten in Abhängigkeit von der Schirmgitterspannung

Bei einer Penthode ist die Verstärkung sowie auch die innere Leitfähigkeit abhängig von der Höhe der Schirmgitterspannung des Rohres. Die Gitterkathodenstrecke hat eine kleine Leitfähigkeit bei großer Schirmgitter-Spannung, und umgekehrt eine große Leitfähigkeit bei kleiner Schirmgitterspannung. Ist die Spannung abgeschaltet, so bildet sich ein großer Leitwert zwischen Gitter und Kathode aus.

Spannungsimpuls an Buchse 6 (R8 2)

An der Messbuchse Bu 6 erscheint bei vollkommen eingeschalteter Spannung des "Dachsichel" ein rechteckiger Anodenspannungsimpuls. Der Anoden-Widerstand der Röhre R8 2, an deren Anode je gemessen wird, hat einen Wert von 5 kOhm, ist also relativ klein. Parallel zu diesem Widerstand liegt der Gitterableit-Widerstand, sowie die Strecke Gitter-Kathode, der Röhre R8 3. Bei vorhandener Schirmgitterspannung ist, wie wir schon hörten, der Widerstand groß und die Gitterstrom-Belastung klein. Daraus auf den großen Widerstand arbeitende Impuls wird daher im Leerlauf erscheinen. Ist die Spannung von R8 3 abgeschaltet, sinkt der Gitterstreckenwiderstand und damit steigt die Belastung des über dem Kondensator C 9 übertragenen Impulses. Die Strecke Gitter-Kathode wirkt nun als Gleichrichter, der eine konstante Vorspannung aufweist, hervorgerufen durch den Gitterstrom und die RC-Konstante des Kathoden-Komplexes.

Impulsgerät "Dachsigel"

**Gitterspannungskurve
an R5 2**

Die Gitterspannung an R5 2 wird durch einen Einschwing-Vorgang erzeugt, dessen positive Anteile durch den Gittersstrom gedämpft werden. Beim Überschwingen der negativen Halbwelle nach positiven Werten wird durch den Gitterstrom nicht die ganze Spannung abgedämpft, sodass bei der ersten Überschwing halbwelle ein kleiner Restbetrag stehen bleibt, der exponentiell nach der LR-Konstanten im Gitterkreis abklingt. Ein analoges Abbild der Gitterspannungskurve stellt die Anodenstromkurve dar. In ihr finden wir auch die kleine Spitze, hervorgerufen durch das Übergreifen und Abklingen der Gitterspannung. Das Dach des Anodenstromes ist gerade. Der Spannungsabfall am Anodenwiderstand von R5 2 ist ein getreues Abbild des Anodenstromes, sobald, wie schon erwähnt, die Gitterseite von R5 3 einen hohen Leerlauf-Widerstand aufweist. Die Anoden - Impedanz bei herausgezogener Röhre R5 3 ist die Parallel-Schaltung von C 9 und W 13 zu W 12. Am Widerstand W 13, der einen Wert von 500 k^{ohm} hat, (also zum Anoden-Widerstand sehr groß erscheint) steht in diesem Falle die volle Spannung, die durch den Strom I im Widerstand W 12 erzeugt wird. Wichtig ist hierbei, dass die Zeitkonstante, hervorgerufen durch das C 9 und W 13 sehr groß, gegenüber der Impulsdauer ist. Hierdurch wird ein Absinken des Impulsdaches vermieden. Die Zeitkonstante ergibt sich in usek. für das C in Nanofarad und das R in k^{ohm}. Bei unseren Werten hat C 9 500 pF = 0,5 Nanofarad, und W 13 = 500 k^{ohm}. Die Zeitkonstante ergibt sich mit $0,5 \times 500 = 250$ usek. Man ersieht daraus, dass die Abklingzeit im Verhältnis zur Impulsbreite von 1,5 usek. ca. 170 x so groß ist. Das Abklingen im Impulsdach ist daher praktisch vernachlässigbar. Die Impedanz an der Anode von R5 2 mit vorhandener Röhre R5 ergibt sich wie folgt:

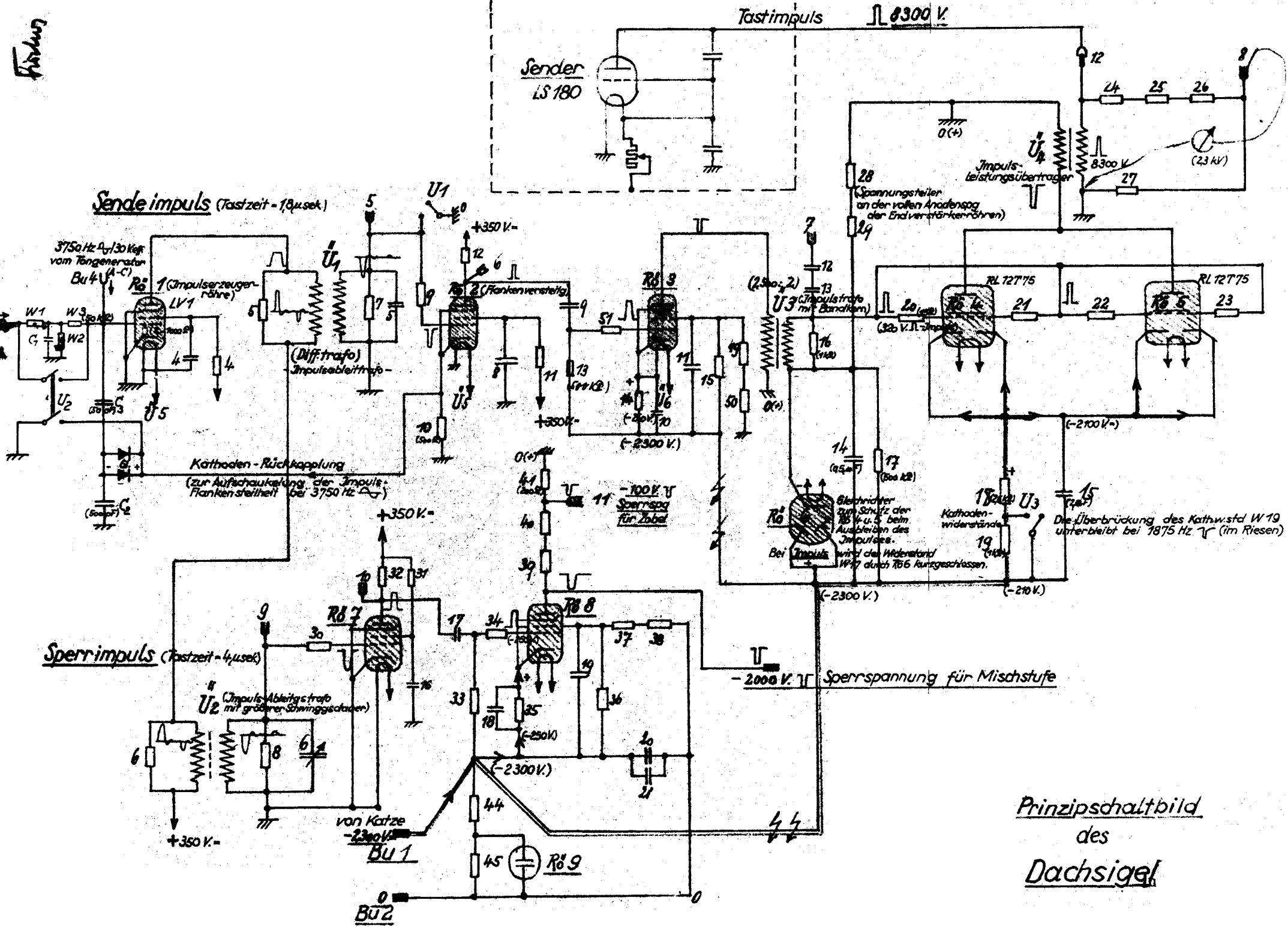
**Anodenstromkurve
von R5 2**

**Impedanz an der
Anode R5 2**

Über den Kondensator C 9 ist in diesem Falle zum Widerstand W 12 ein Komplex parallel geschaltet, der seinerseits wiederum aus der Parallel-Schaltung von W 13 und der Serienschaltung von der Gitter-Kathodenstrecke und Kathoden-Komplex besteht. Durch die Zeitkonstante des Kathoden-Komplexes wird auch während der impulslosen Zeiten durch den Gitterstrom eine negative Vorspannung gehalten. Die resultierende Impuls-Spannung ist in diesem Falle durch die Verminderung des Anoden-Widerstandes gleich der negativen Vorspannung dem Spannungsabfall der Strecke Gitterkathode. Zur Illustration der Ankling-Vorgänge nehmen wir zuerst eine große Schirmgitterspannung an R5 3 an, was wiederum ein großes R_i der Gleichrichtersrecke (Gitter-Kathode) bedingt. Der Wert sei z.B. 10 k^{ohm} und C = 0,5 nF. Die Zeitkonstante ist 5 usek. Der an Bu 6 gemessene Anstieg verläuft ziemlich flach. Nun nehmen wir die Schirmgitterspannung klein an. R_i sinkt dadurch und sei z.B. 1 k^{ohm}. Die sich daraus ergebende Zeitkonstante ist $C \cdot R_i = 0,5 \text{ nF} \cdot 1 \text{ k} = 0,5$ usek. Es ist ersichtlich, dass die Zeitkonstante sehr klein ist, der Spannungsanstieg daher sehr rasch verläuft. Die Spannungs-Überhöhung ist in diesem Falle bedeutend größer als bei großem R_i im Vorangegangenen Beispiel. Der exponentielle Beginn der Ankling-Kurve liegt in diesem Falle aber tiefer, da durch die kleinere R_i auch der Spannungsabfall kleiner geworden ist.

Handlung

3750 Hz T-Schwingung aus Emil Röhre
1875 Hz T-Schwingung aus Jupiter (R) je 36 Ker



Sendeimpuls (Tastzeit = 1,8 μsek.)

Sperrimpuls (Tastzeit = 4 μsek.)

Sender
LS 180

Tastimpuls \square 8300 V

Impuls-
leistungsübertrager

Kathoden-Rückkopplung
(zur Aufschaukelung der Impuls-
flankensteilheit bei 3750 Hz)

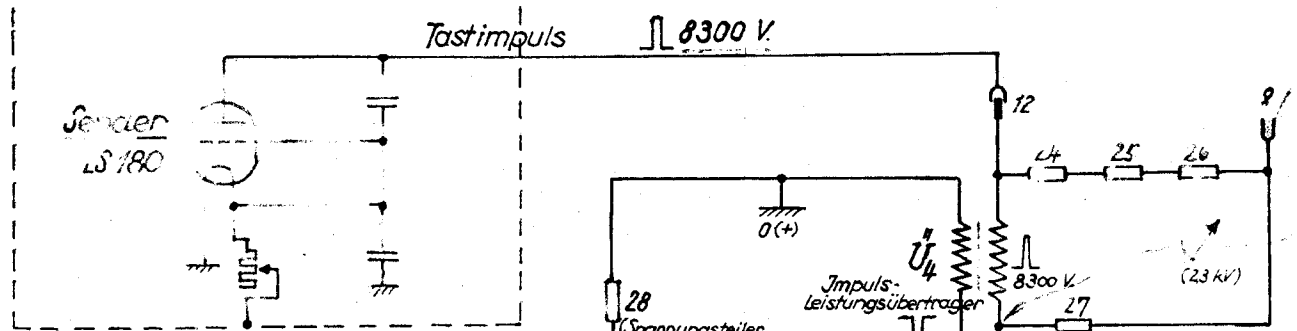
-100k V
Sperrspannung
für Zobel

-2000 V V Sperrspannung für Mischstufe

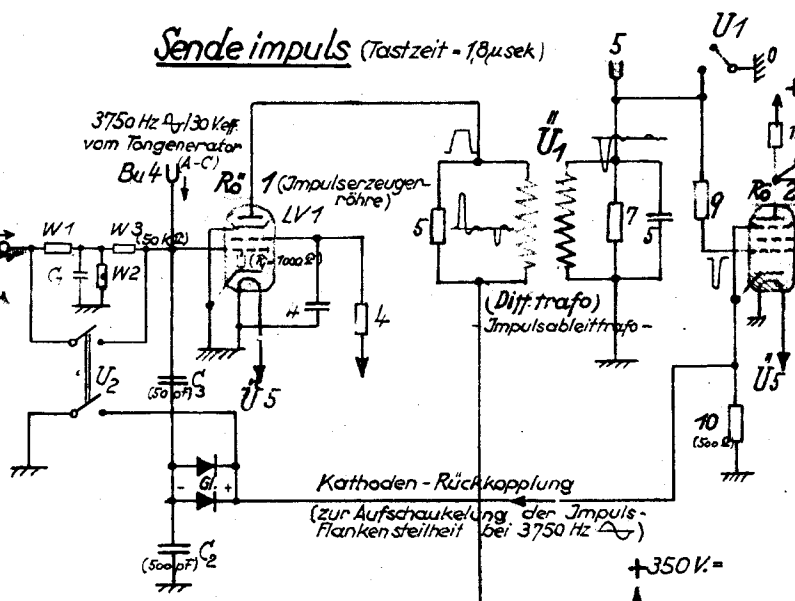
Prinzipschaltbild
des
Dachsigel

Wicklung

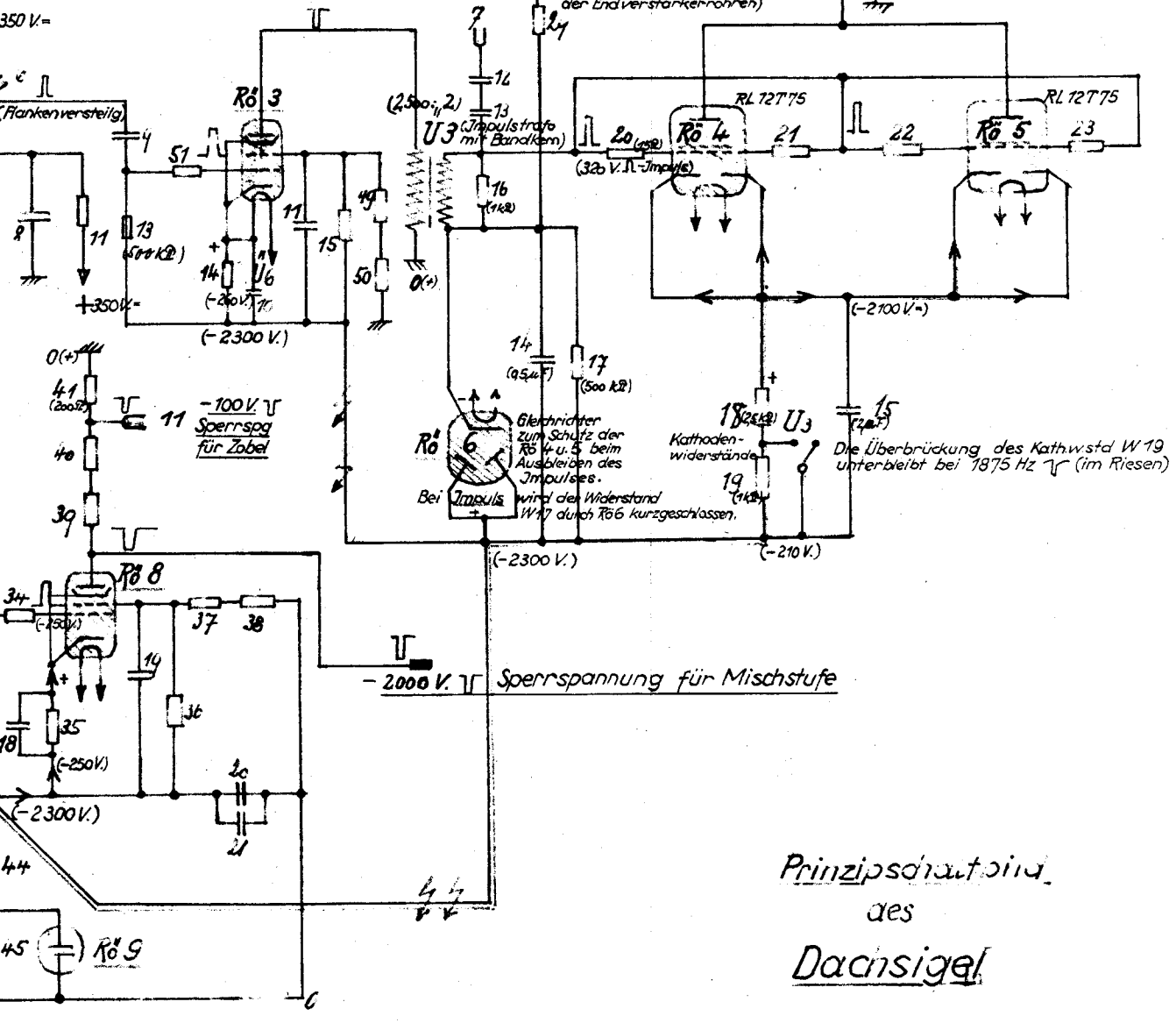
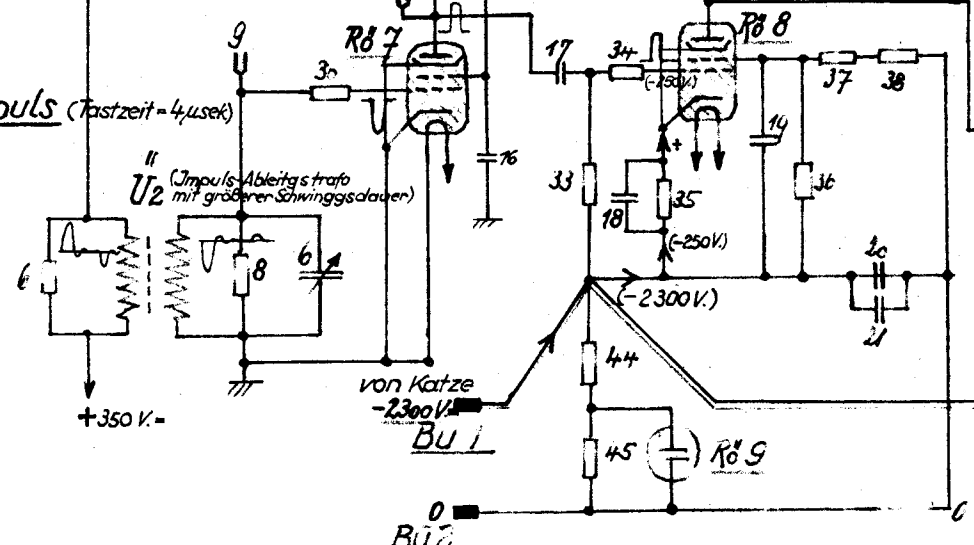
3750 Hz γ -Sägezahn aus Emit (D-) je 35 Veff
1875 Hz γ -Sägezahn aus Jupiter (R)



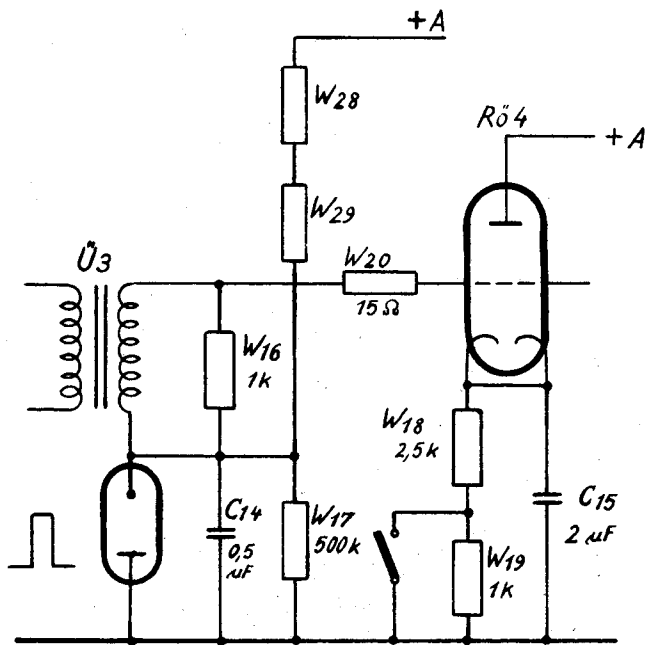
Sende impuls (Tastzeit = 1,8 μ sek)



Sperrimpuls (Tastzeit = 4 μ sek)

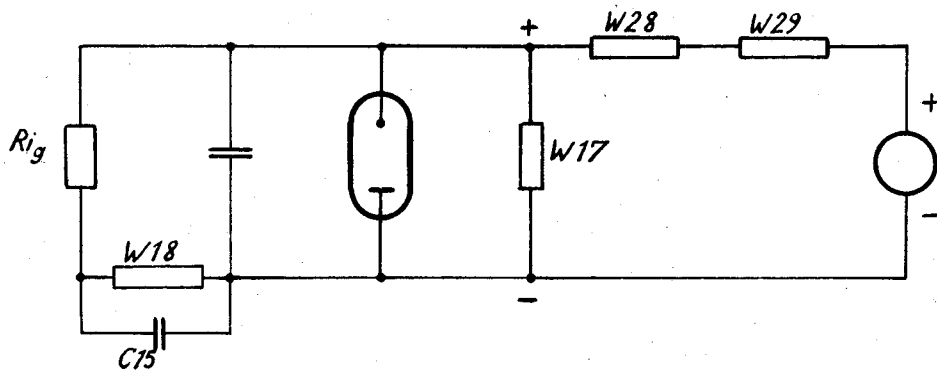
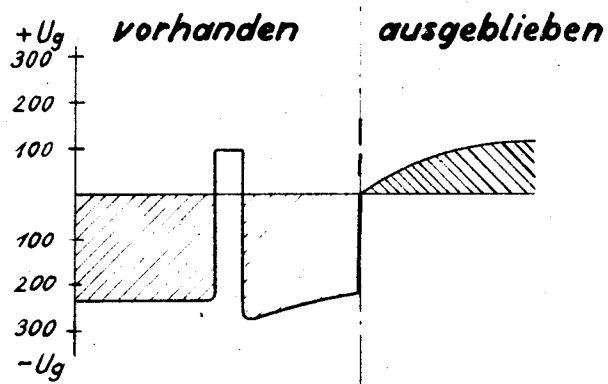


Prinzipschaltung des Dachsiegel

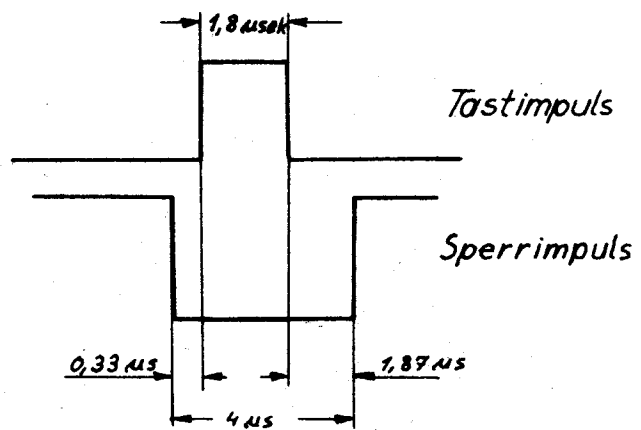
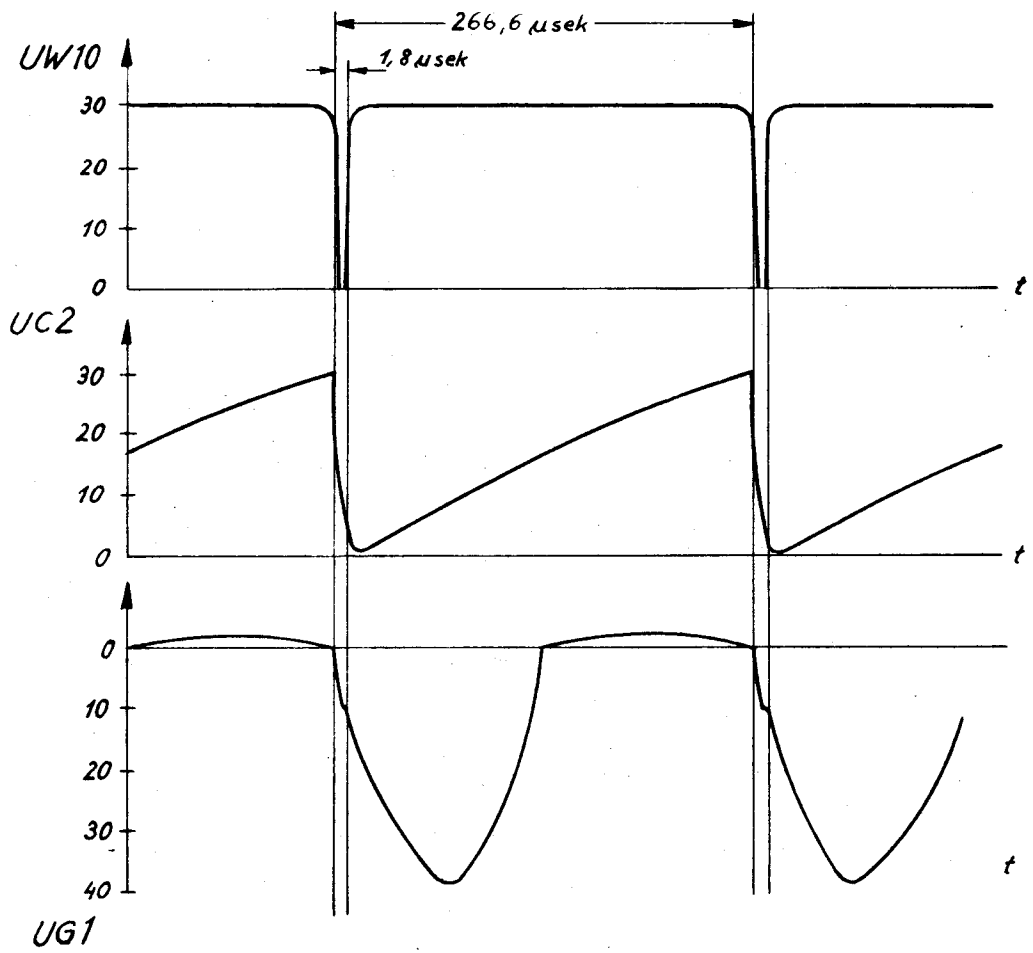
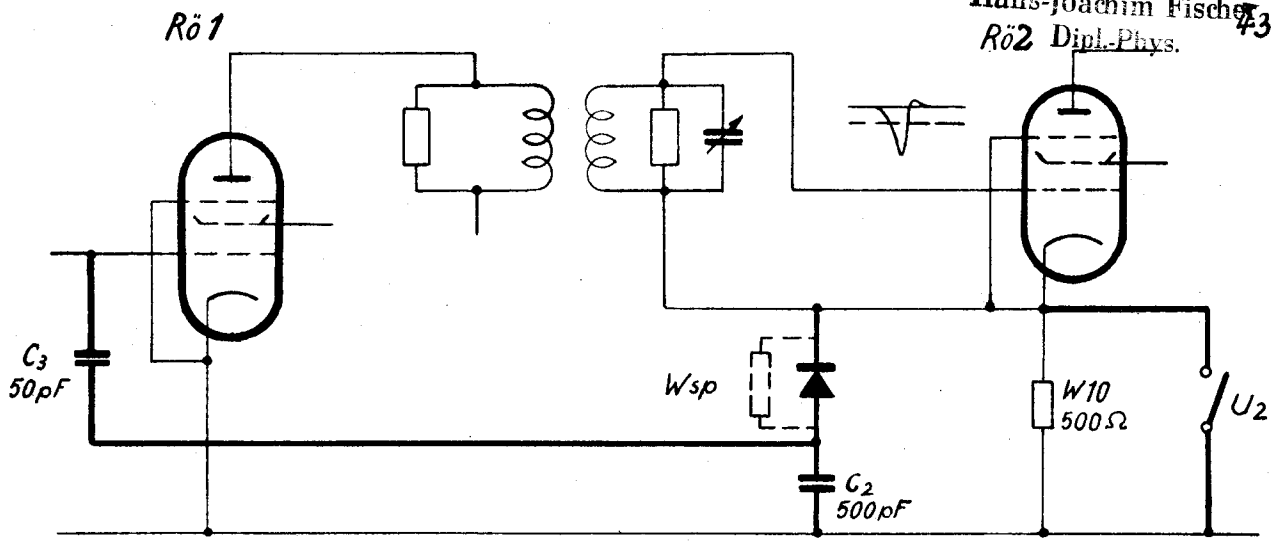


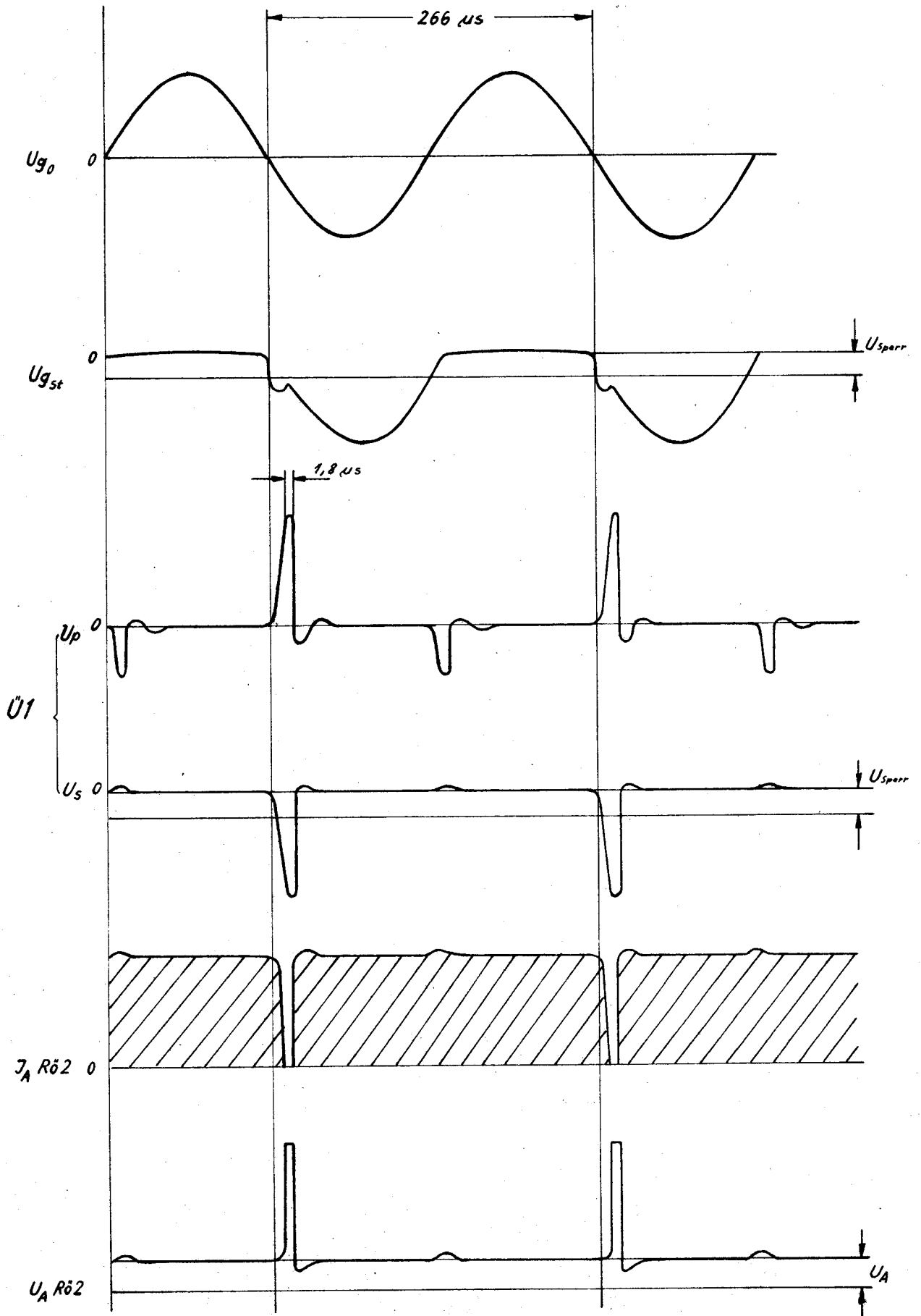
$U_{w17} = 500 \cdot 0,92 = 460V$
 $U_g = 460 - 210 = 250V$
 als Leerlaufspannung

Impuls

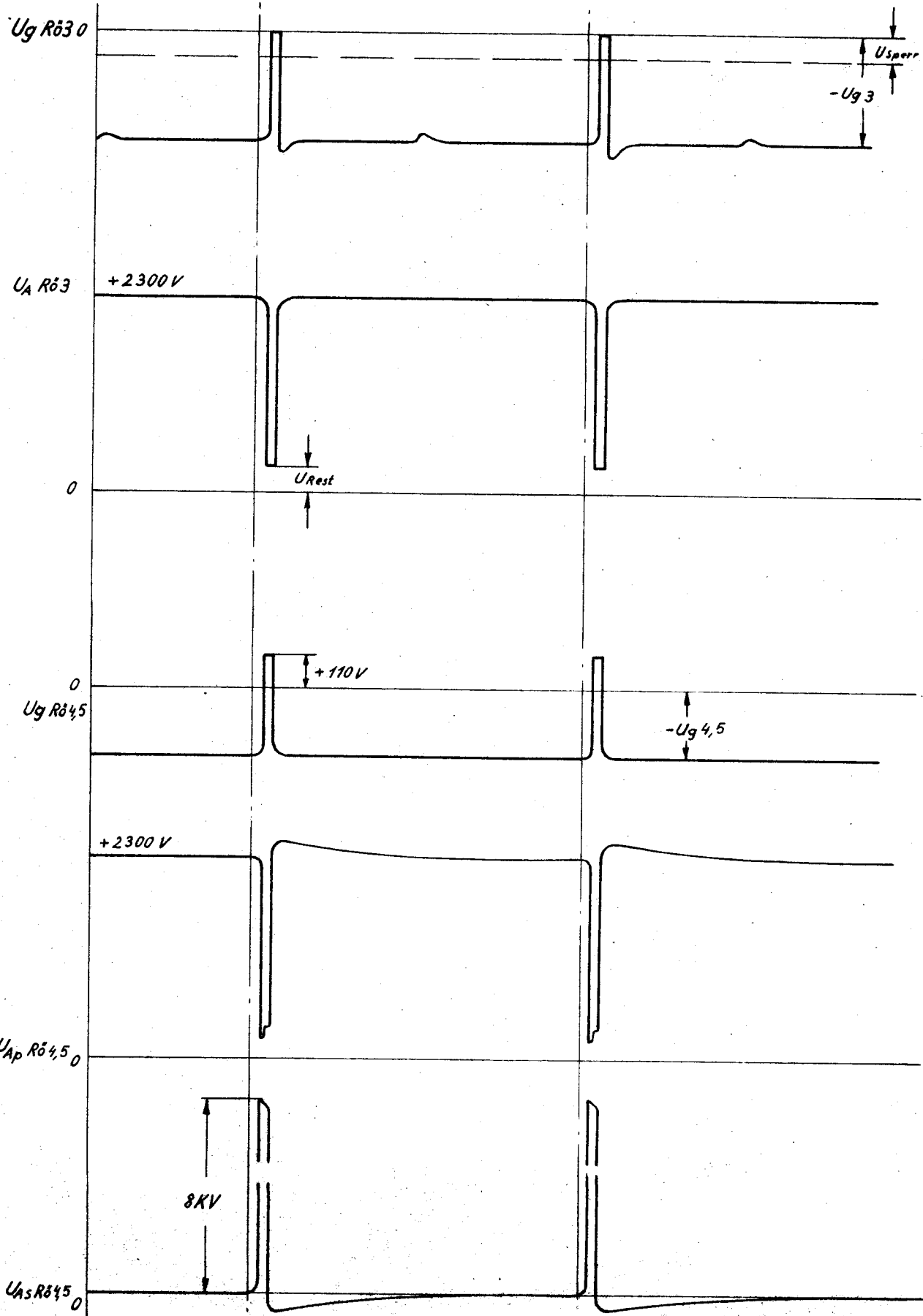


Schutzschaltung





17. Ln. Vers. Regt. (mot.)			
	Tag	Name	Zeichnung Nr.:
Impulsplan a) für Tastimpulszug Blatt 1	gez.	16.8.43	J. Balcer Gfr
	gepr.	16.8.43	Philipp Mfg
	ges.		
			Pause Nr.:



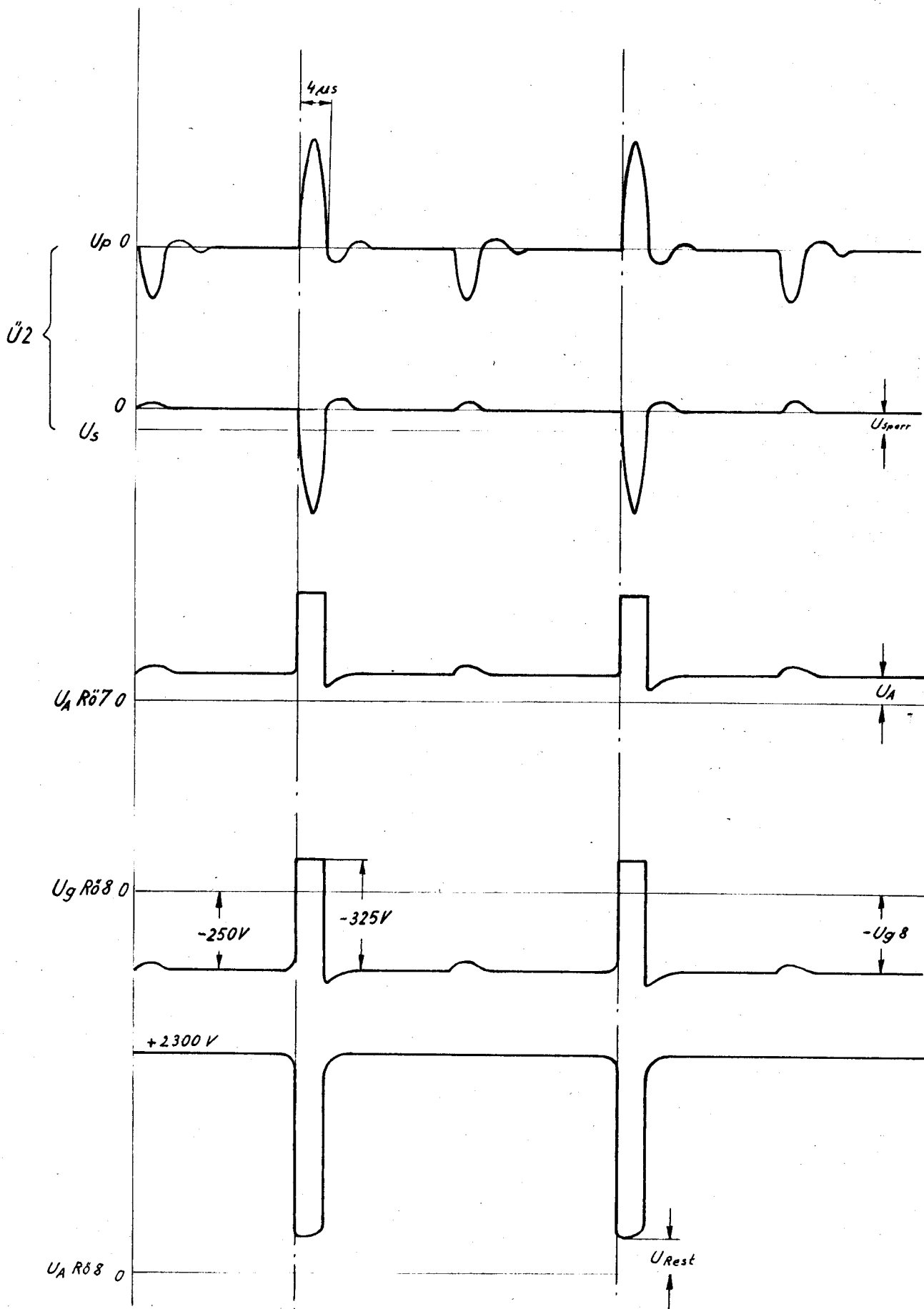
17. Ln. Vers.-Regl. (mot.)

Impulsplan
 a) für Tastimpulszug
 Blatt 2

	Tag	Name
gez.	16.2.43	J. Balow Gfr.
gepr.	16.2.43	Johannes Hoff
ges.		

Zeichnung Nr.:

Pause Nr.:



17. Ln. Vers.- Regt.(mot.)			
	Tag	Name	Zeichnung Nr.:
Impulsplan b) für <u>Sperrimpulszug</u>	gez.	16.8.43	f. Balcer Gp.
	gepr.	6.2.45	Dulker Wff
	ges.		
			Pause Nr.:

	Betriebs- Art	U_A^V	I_A^{mA}	U_{SG}^V	I_{SG}^{mA}	U_{Rest}^V	$-U_G^V$	U_G^V
Rö1	A	350	26	235	2,5			
	D	350	19	250	1,8			
	R	350	14	270	1,3			
Rö2	A	50	60	125	11,5			
	D	20	65	110	12,5			
	R	20	65	110	12,5			
Rö3	A	2300	5,6	500	0,35	80	260	
	D	2300	5,9	500	0,37	80	260	
	R	2300	4,5	600	0,25	20	210	
Rö4+5	A	2300	95			200	210	320
	D	2300	90			200	210	320
	R	2300	60			150	240	320
Rö7	A	25	65	120	12			
	D	25	65	120	12			
	R	25	65	120	12			
Rö8	A	2300	7,8	400	1,85	55	250	
	D	2300	7,8	400	1,85	50	250	
	R	2300	4,5	500	1,95	35	180	

Betriebsart

A	~ 30 Veff	3750 Hz
D	< 35 Veff	3750 Hz
R	< 30 Veff	1875 Hz

Abnahmewerte

$U_A R\ 1,2,3 \text{ u. } 7 = 350V$

$J_A = 180 \text{ mA} \pm 15\%$

$U_G R\ 4,5 \text{ u. } 8 = 2300V$

$$J_A = \begin{cases} A & 115 \text{ mA} \\ D & 117 \text{ mA} \\ R & 75 \text{ mA} \end{cases} \pm 15\%$$

Heizung

prim. $U = 180V$; $J = 1185A \pm 15\%$

sek. 1 12,6V 1,3A

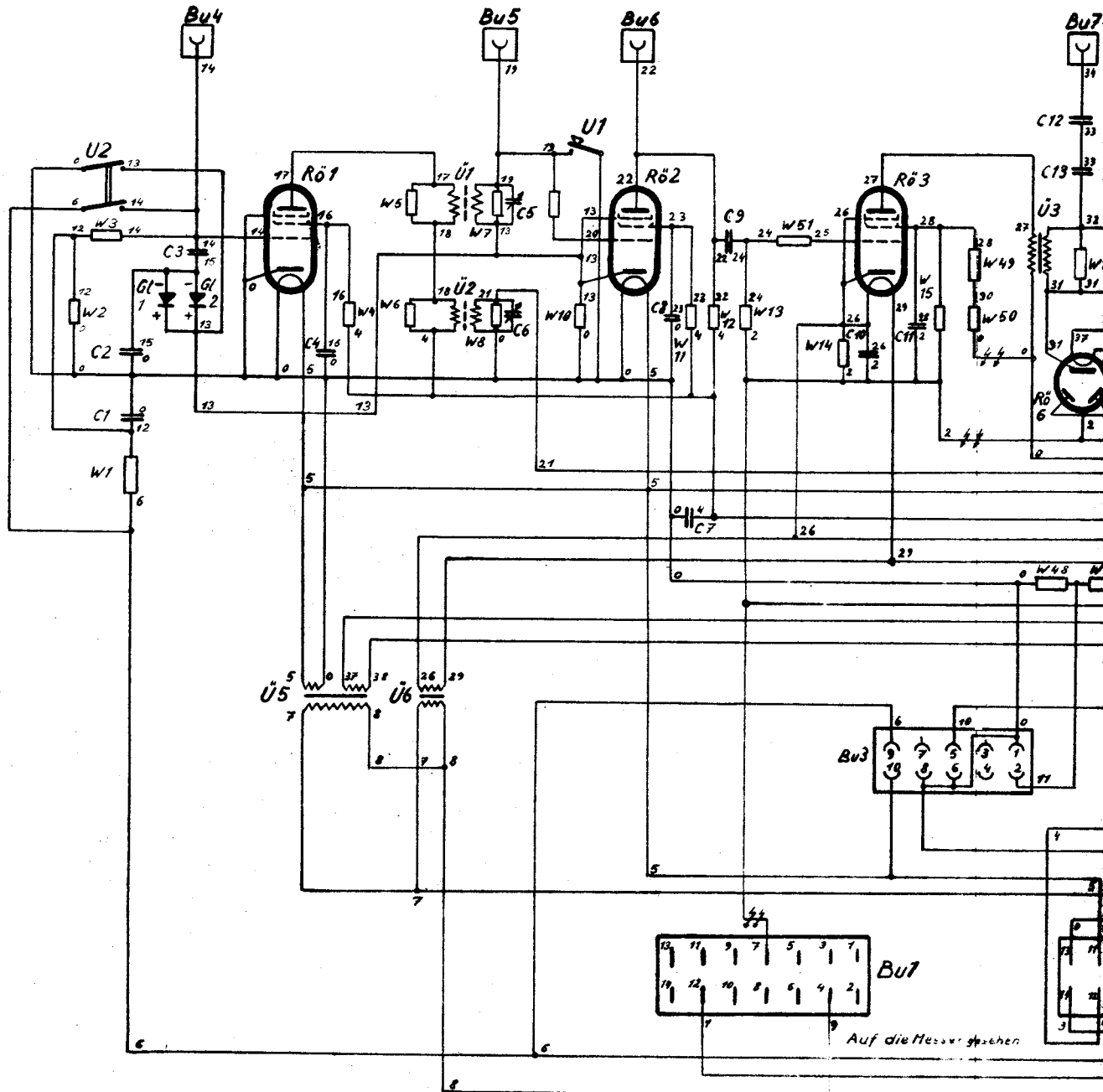
• 2 12,6V 10,0A

• 3 12,6V 5,1A

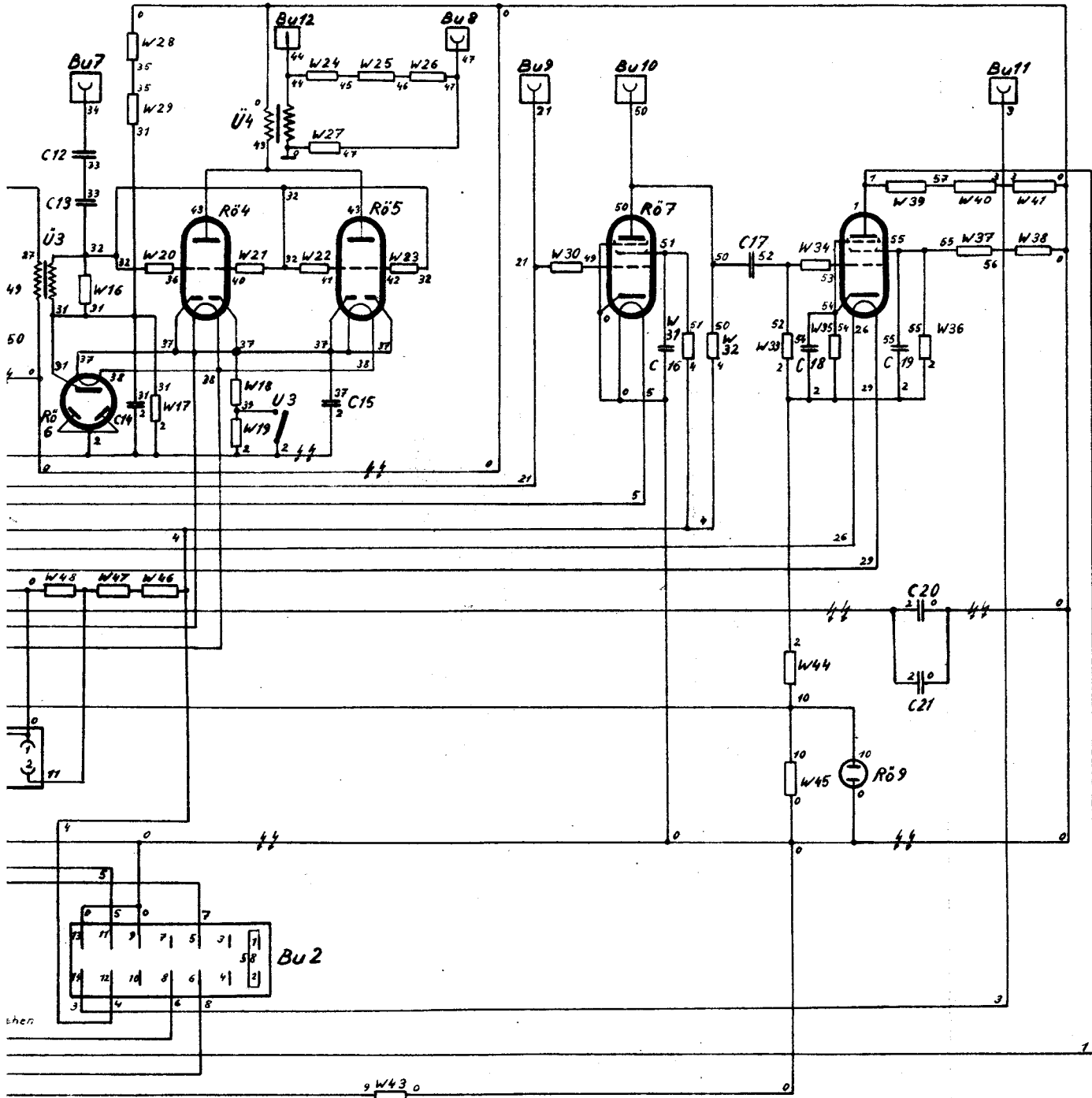
47

17. Ln. Vers. Regt. (mot.)			
Strom- und Spannungswerte am Dachsiegel	gez.	Tag	Name
	gez.	17. 8. 43	J. Balcer Gfr
	gepr.	18. 8. 43	Quilke M/12
	ges.		
			Zeichnung Nr. : Pause

Grundschaltpl



haltplan



L9701
Impulsgerät

Empfängerabstimmung

Type:			Nr.			Tag:		
Frequenz kHz	Nach Eichkurve oder Tabelle		Funkstelle kommt auf					Sonstiges (z. B. Stellung der Gleichlaufröhre usw.)
	Grob Spule und Stufe	Fein Grad oder Teilstr.	Dienststelle oder Rufzeichen	Grob Spule und Stufe	Fein Grad oder Teilstr.	Ant.- kopp- lung	Rück- kopp- lung	

G e f f r a n d