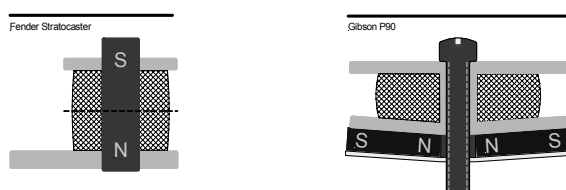


### 5.3 Brummkompensierte Singlecoils

Magnettonabnehmer wandeln magnetische Wechselfelder in elektrische Wechselspannungen um. Stammen die Magnetfelder von einem Transformator, einem Elektromotor, einem Monitor mit magnetischer Ablenkung oder ähnlichen Magnetfeldquellen, wird natürlich auch gewandelt – woher sollte der Tonabnehmer schon wissen, dass es sich hierbei um unerwünschte Signale handelt. Eine Möglichkeit, diese Störsignale abzuschwächen, erläutert Kap. 5.2; einen anderen Weg zeigen die sog. "**stacked Singlecoils**", die auch "stacked Humbucker" oder "Koaxial-Humbucker" heißen. Von den Saiten aus betrachtet sieht so ein Tonabnehmer wie ein normaler Singlecoil aus, im Innern stecken aber *zwei* Spulen – deshalb ist die Bezeichnung *Singlecoil* nicht ganz korrekt. Oder vielleicht doch, weil ja nur *eine* Spule die Saitenschwingung aufnimmt; die andere Spule kompensiert die Brummspannung. Deswegen eben auch Humbucker – aber speziell, nämlich koaxial.

**Koaxial** bedeutet, dass beide Wicklungen dieselbe Achse haben; sie liegen aber nicht (mit unterschiedlichem Wicklungsdurchmesser) in derselben Ebene, vielmehr sind zwei gleichartige Spulen übereinander 'gestapelt' (= stacked): Eine näher an den Saiten, eine weiter entfernt. In Kap. 5.4.3 wird gezeigt, dass der magnetische *Wechselfluss* nur in Saitennähe kreist, den Magnet also nicht zur Gänze mit gleicher Stärke durchdringt. Deshalb nehmen auch nur die saitennahen Windungen der Wicklung einen nennenswerten Anteil des Wechselflusses auf. Ganz andere Verhältnisse ergeben sich beim **Störfeld** einer externen Störquelle: Dessen nahezu parallele Feldlinien durchdringen die ganze Wicklung, und induzieren somit in jeder Windung in etwa dieselbe Spannung\*, unabhängig vom Abstand zur Saite. Wenn man nun die Wicklung in eine saitenzugewandte und eine sitenabgewandte Hälfte teilt, und diese beiden Teilwicklungen gegenphasig zusammenschaltet, wird die Störspannung kompensiert, während die Nutzspannung nur wenig abgeschwächt wird.

Gegenüber dem nichtkompensierten Singlecoil-Tonabnehmer weist der Koaxial-Humbucker mehrere Unterschiede auf: Er brummt zwar nicht, braucht aber mehr Platz und klingt anders. Der Platzbedarf schafft selten echte Probleme, die andersartige Übertragungscharakteristik ist hingegen Nährboden jahrelanger Diskussionen. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge ist das Aufteilen der Tonabnehmer in zwei Gruppen hilfreich: Lange, schlanke Wicklungen (wie z.B. beim Stratocaster-Tonabnehmer), und breite, flache Wicklungen (z.B. P-90, **Abb. 5.3.1**).



**Abb. 5.3.1:** Singlecoil-Tonabnehmer mit unterschiedlicher Wicklungsform.

Die Wicklung des in Abb. 5.3.1 dargestellten Stratocaster-Tonabnehmers sei auf halber Höhe geteilt, so dass sich zwei Spulen ergeben. Die hierin induzierten Spannungen teilen sich aber nicht im Verhältnis 50:50, sondern wegen der ortsabhängigen Wechselflussdichte 75:25. Die in der saitennahen (oberen) Wicklung induzierte Spannung ist dreimal so groß wie die der unteren. Schaltet man nun die beiden Wicklungshälften zur Brummkompensation *gegenphasig* zusammen, erniedrigt sich die von der Saitenschwingung induzierte Spannung auf die Hälfte, der Tonabnehmer ist leiser als ein umkompensierter Singlecoil.

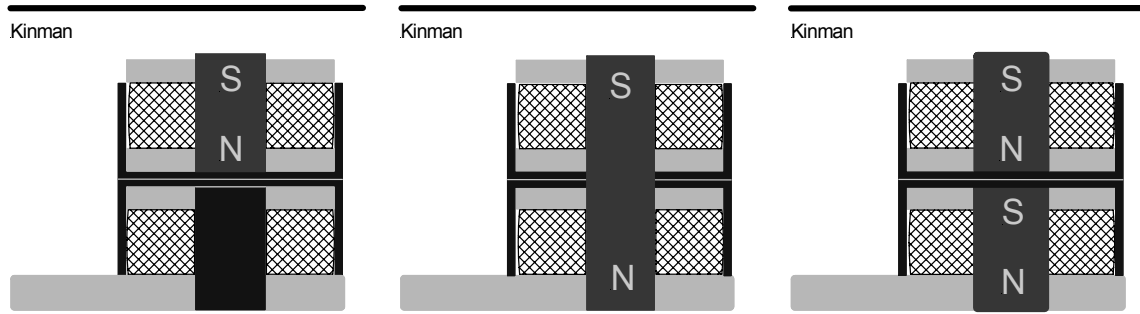
\* Die Windungs-Induktionsspannung hängt von  $dB/dt$  und von der Windungsfläche ab.

Aber nicht nur die Lautstärke ändert sich, auch das Klangspektrum wird beeinflusst, weil die Phasenumkehr die Tonabnehmer-Induktivität verkleinert. Die **Induktivität** ist der Quotient aus Spulenfluss und Strom [z.B. 18]. Wären die beiden gegenphasig zusammengeschalteten Spulenhälften am selben Ort, was nur als Gedankenexperiment funktioniert, so würde ein durch diese Spulen fließender Erregerstrom gar kein Magnetfeld erzeugen; die Induktivität dieser 'bifilar' gewickelten Spule wäre null. In Wirklichkeit sind die beiden Spulenhälften an zwei verschiedenen Orten, ihre (vom Erregerstrom verursachten) Magnetflüsse kompensieren sich nicht vollständig, die Induktivität ist nicht null, aber kleiner als bei gleichphasiger Zusammenschaltung. Kleinere Induktivität bedeutet höhere Resonanzfrequenz (Kap. 5.9), so dass als Fazit festzustellen ist: Durch die Phasenumkehr klingt der Tonabnehmer (bzw. die Gitarre) leiser, dünner, höhenbetonter. Ob dies als Vor- oder Nachteil empfunden wird, ist eine Frage der individuellen Wertung. Häufig erfolgt aber ein direkter Vergleich mit dem nichtkompensierten Original, und dann lautet das vernichtende Urteil: Die Brummkompensation macht den Sound kaputt.

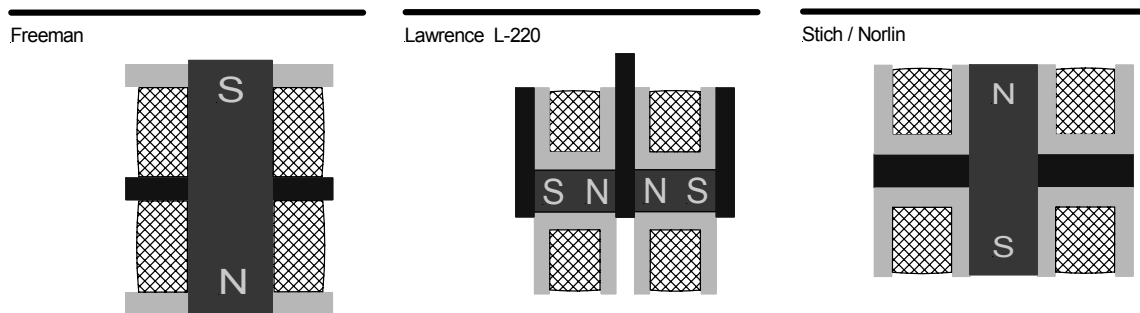
Die bisherigen Betrachtungen haben zwei Effekte der Phasenumkehr gezeigt: Schwächere Ausgangsspannung, und kleinere Induktivität. Einfache Abhilfemaßnahmen hiergegen sind: Erhöhte Windungszahl, und bessere Entkopplung der beiden Spulenhälften. Die Kopplung wird vor allem vom räumlichen Abstand und der **Permeabilität** des Spulenkerns bestimmt. Durchgehende Weicheisen-Polstücke sind wegen ihrer eher hohen Permeabilität diesbezüglich ungünstig, die eher niedrige Permeabilität üblicher Tonabnehmermagnete vermindert hingegen die Kopplung der beiden Spulenfelder, und verringert dadurch die Nachteile der Phaseninversion. Eine noch bessere Entkopplung wird durch eine Metallplatte hoher Permeabilität erreicht, die als flussleitendes Joch die beiden Spulenhälften trennt. Optional kann diese Platte auch u-förmig gebogen sein. Mit magnetischer Entkopplung und erhöhter Windungszahl erreichen Koaxial-Humbucker ein ähnliches Übertragungsverhalten wie Singlecoils. Völlige Identität ist hingegen physikalisch unmöglich: Die räumliche Verteilung des Magnetflusses (incl. aller Skineffekte) ist anders, und durch die (um 50% und mehr) erhöhte Windungszahl verändert sich der Gleichspannungswiderstand. Der nicht nur bei 0 Hz wirkt, sondern die Resonanzüberhöhung beeinflussen kann (Kap. 5.9).

Bei Tonabnehmern, die in der Art des **P-90** aufgebaut sind (Abb. 5.3.1), ist die eben dargestellte Spulenaufteilung nicht so zweckmäßig: Die Spule ist flacher als beim Stratocaster-Tonabnehmer, und liegt deshalb (mit beiden Hälften) näher an der Saite, d.h. im magnetischen Wechselfeld. Außerdem sorgen die 6 Polschrauben für eine relativ starke Kopplung aller Windungen. Deshalb (?) hat Gibson im **P-100** nicht die vorhandene Spule aufgeteilt, sondern zur Brummkompensation eine zweite Spule unter die Magnete montiert, die nun gleichzeitig als magnetischer Schirm wirken. Eine Reihenschaltung der beiden Spulen hätte allerdings die sowieso schon ziemlich große Induktivität (ca. 7 H) verdoppelt, und die Resonanzfrequenz um ca. 30% erniedrigt, was anscheinend unerwünscht war. Deshalb sind beim P-100 die beiden Spulen nicht in Reihe, sondern (gegenphasig) parallel geschaltet. Natürlich ergeben sich auch hieraus Konsequenzen: Die Resonanzfrequenz ist nun höher als beim P-90. Die Musiker waren offensichtlich nicht begeistert, die Produktion wurde eingestellt.

In **Abb. 5.3.2** sind Querschnitte bekannter Koaxial-Humbucker dargestellt. Fast alle haben Patentschutz zugesprochen bekommen. Amerikanischen Patentschutz, um genau zu sein. Die Frage nach der individuellen Erfindungshöhe würde wohl nur im pedantischen Old Europe gestellt werden.



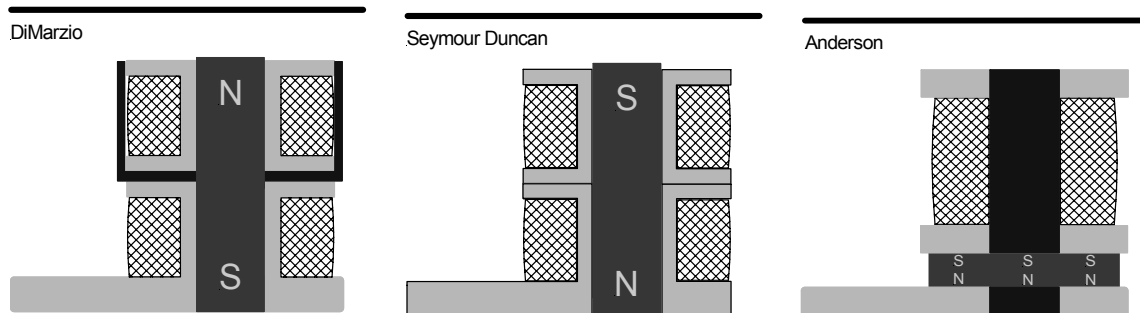
**Kinman**, 15.03.1996, US-Pat. Nr. 5668520, 5834999, 6103966.



**Freeman**, 21.12.1970, US-Pat. Nr. 3657461

**Bill Lawrence L-220**. Die Spulenchsen verlaufen horizontal (Stich).

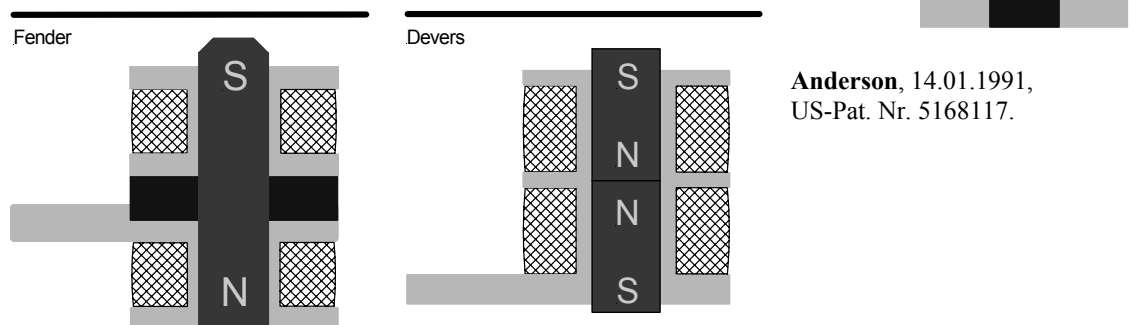
**Stich / Norlin**, 05.08.1974, US-P. 3902394, horizontale Spulenchsen.



**DiMarzio**, 06.08.1982, US-Pat. Nr. 4442749.

**Seymour Duncan**, 15.08.1983, US-Pat. Nr. 4524667.

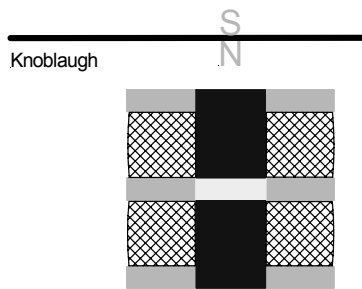
**Anderson**, 14.01.1991, US-Pat. Nr. 5168117.



**Fender**, 28.01.1998, US-Pat. Nr. 6291758

**Devers**, 17.05.1999, US-Pat. Nr. 6846981

**Abb. 5.3.2:** Verschiedene Koaxial-Humbucker; das Datum ist der Tag der Patent-Anmeldung



**Abb. 5.3.3:** Einer der ersten Koaxial-Humbucker, US-Pat. 2119584. Beide Wicklungen enthalten je einen Kern aus geschichteten Trafo-blechen, die Kerne sind durch einen nichtmagnetischen Abstandshalter voneinander getrennt. Vor der Benutzung musste erst Gleichstrom durch die obere Wicklung geschickt werden, um die Saiten zu magnetisieren. Tag der Patent-Anmeldung: 9.12.1935.

Dass Gibson nicht der Erfinder\* des Humbucking-Prinzips ist, zeigt **Abb. 5.3.3**: Schon vor dem berühmten PAF gab es die richtungsweisende Idee, zwei gegenphasige Spulen zusammenzuschalten. Und Seth Lover, Gibsons Humbucker-Entwickler, war über konkurrierende Tonabnehmer-Entwicklungen informiert: *"People had been working on double coil pickups since the 1930s [13]"*. Schon 1935 meldet Arnold **Lesti** einen Tonabnehmer mit zwei nebeneinanderliegenden Spulen zum US-Patent an (2026841 = Re.20070) und beschreibt das Interferenzprinzip: *"And since these coils are wound in opposite directions, the interfering stray currents are neutralized"*. Und bereits dem 1929 von Gerald **Tuininga** eingereichten US-Patent (1838886) kann man den Versuch unterstellen, durch Verwendung zweier Spulen Störungen zu kompensieren: *"The advantage of using this style of transmitter is that no other electric current caused by foreign sound or vibration can in any way enter into the circuit"*. Im Jahre 1929 umfassten Patentbeschreibungen wie diese nur etwas mehr als eine DIN-A4-Seite (bzw. "Letter-Format"), da darf man nicht jedes Wort und jeden Strich auf die Nugget-Waage legen, denn: der in der Patentbeschreibung enthaltene Stromlaufplan scheint falsch gezeichnet zu sein. Hätten die beiden Spulen tatsächlich gleichen Wickelsinn, würden sich die Nutzsignale auslöschen, und die Störsignale verdoppeln. Polt man aber eine der beiden Spulen um – und nur so konnte es damals im Versuchsaufbau realisiert gewesen sein – erhält man einen funktionierenden Humbucker. Der allerdings von einem Elektromagnet mit zugehöriger Batterie befeuert werden musste. Dass dies heute nicht mehr erforderlich ist, verdanken wir Erfindern wie **Seth Lover** (Patentanmeldung 1955). Oder **Leo Fender**, der seinen Humbucker 1956 zum Patent anmeldete. Oder **Ray Butts**, der seinen Gretsch-Humbucker 1957 zum Patent anmeldete. Oder **Oskar Vierling**, der schon 1927 beim Deutschen Patentamt (in Berlin) das Grundprinzip des elektromagnetischen Saiten-Tonabnehmers veröffentlichte.

Ob **Bill Lawrence** schon 1948 den "vermutlich ersten Humbucker der Welt" fertigte, wie Day et al. das annehmen, ist fraglich. Möglich wär's, Lawrence ist 1931 geboren. Er selbst nennt auf seiner Homepage aber 1965 als Beginn seiner Unternehmer-Tätigkeiten: "Electrosounds in Munich, Germany". Damals hieß Bill Lawrence noch Willi Lorenz Stich, und einer seiner Partner war Jzchak Wajcman. Derselbe Jzchak, der Lawrence später in eine \$ 1.156.250,00 Pleite treiben sollte [Guitar Player, September 1979, zitiert in billlawrence.com]. Der heilige Lorenz, alias Laurenz, alias Laurentius wurde übrigens "auf einem eisernen Rost verbrannt". Glück gehabt, Bill!

\* Gibson bezeichnet sich in der Saiten-Werbung ja auch nur als "Die Erfinder des Humbuckers". Und nicht als "Die Erfinder des Humbucking-Prinzips".