

# Definierte Belastungen an Antennen durch Stichleitungen

Dipl.-Ing. Jürgen A. Weigl  
OE5CWL/OE6CWL

Stichleitungen, die im Englischen als Stub bezeichnet werden, werden bei Antennen vielfach eingesetzt. Mit einer oder mehreren richtig eingesetzten Stichleitungen ist es möglich, eine Antenne anzupassen. Dieses Verfahren zur Anpassung wird jedoch im Amateurfunkbereich weniger eingesetzt. Stichleitungen werden hier meist dazu verwendet, um eine Antenne mit einer genau definierten Last zu belasten.

So kann eine resonante Antenne durch Anschluß einer Stichleitung in gewünschter Weise verstimmt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn Antennen mit mehreren gleichartigen Elementen aufgebaut werden, von denen dann ein Element als Strahler verwendet wird, während die anderen Elemente so verstimmt werden, daß sie als Reflektor oder Direktor arbeiten. Derartige Antennen wurden von mir für Mehrelement-Richtantennen in ‚Inverted Vee‘-Form in [1] beschrieben. Auch bei Richtantennen nach dem Sloper-Prinzip werden Stichleitungen zur Verstimmung der Strahler verwendet. Diese Antennen habe ich u.a. in [2] und [3] beschrieben.

Im allgemeinen geht man davon aus, daß die Stichleitung in einem einzigen Frequenzbereich (Band) die gewünschte Verstimmung ergeben soll. In diesem Fall ist die Bemessung der Stichleitungen relativ einfach. Werden jedoch solche Richtantennen für den Multibandbetrieb errichtet, so muß die Stichleitung die gewünschte Verstimmung auf mehreren Bändern erzielen. Dies führt zu einer wesentlich schwierigeren Auslegung der Stichleitung. Beispiele hierfür wurden von mir in [4] beschrieben.

## Stichleitungen für Einbandbetrieb

Durch die Stichleitung soll an den Eingangsklemmen der Antenne eine definierte Last bei einer bestimmten Frequenz, bzw. in einem Frequenzband, erreicht werden. Die Last an den Eingangsklemmen der Antenne ist vorgegeben und wird meist in Ohm mit dem Hinweis kapazitiv/induktiv angegeben.

Diese benötigte Last soll meist das entsprechende Element in seiner Resonanzfrequenz nach oben (Direktor) oder unten (Reflektor) verschieben. Ermittelt wird diese Last meist durch eine Antennensimulation. Dazu wird im Modell an den betreffenden Klemmen eine Impedanz vorgesehen. In der Simulation wird dann der Wert dieser Impedanz soweit verändert, bis man die gewünschte Eigenschaft der Antenne erhält. Dieser Wert beträgt dann z.B. +j50 Ohm. Also eine induktive Last mit 50 Ohm.

Diesen Wert kann man nun mit Stichleitungen realisieren. Allerdings muß man dazu die notwendige Länge der Stichleitung ermitteln. Für die Ausführung der Stichleitungen haben wir allerdings zwei Varianten. Die Stichleitung kann nämlich am Ende kurzgeschlossen oder im Leerlauf sein. Diese beiden Varianten führen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Denn die Transformation dieses Abschlusses über die Leitungslänge führt zu der gewünschten Belastung.

In beiden Fällen (Leerlauf, Kurzschluß) muß also über die Leitungstheorie jene Leitungslänge ermittelt werden, die den gewünschten Abschluß ergibt. Entsprechende Formeln sind z.B. in [5] zu finden. Nun ist die Rechnung nach der Leitungstheorie nicht jedermanns Sache. Wir haben daher auf dieser Homepage auch die beiden Excel-Berechnungsblätter „Stichleitung\_Leerlauf.xls“ und „Stichleitung\_Kurzschluss.xls“ zur Verfügung gestellt. Mit diesen ist die Berechnung auf einfache Weise möglich. Zu beachten ist jedoch, daß bei beiden Berechnungsblättern auch bereits die Untersuchung für Mehrbandbetrieb vorgesehen ist.

Bei der Verwendung dieser Berechnungshilfen geht man schrittweise, wie im Excel-Blatt angegeben, vor. Einzugeben sind lediglich die farbige unterlegten Zellen. Als erstes müssen die Kennwerte des Kabels eingegeben werden. Es sind dies der Wellenwiderstand (Impedanz) in Ohm (z.B. 50 Ohm) und der Verkürzungsfaktor (z.B. 0,662).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Dimensionierung Stichleitung im Leerlauf</b>								
2									
3	Diese Tabelle berechnet für zwei Bänder die sich ergebende Belastung am Speisepunkt durch leerlaufende Stichleitungen								
4									
5									
6	Rote (unterlegte) Werte eingeben								
7	Schwarze Felder = berechnete Felder								
8	<b>1.) Kabel:</b>								
9	Impedanz [Ohm]	50	Verkürzungsfaktor	0,662					
10	<b>2.) Dimensionierung der Stichleitung für:</b>								
11	<b>gewünschtes X am Speisepunkt eingeben</b>								
12	Zielwert Band 1 [Ohm]	430	Frequenz 80 m [kHz]	3600	Wellenlänge 1	83,33			
13	Zielwert Band 2 [Ohm]	880	Frequenz 40 m [kHz]	7050	Wellenlänge 2	42,55			
14									
15	<b>3.) Optimale Längen</b>								
16	+halbe Wellenlänge								
17	optimale Länge für Band 1	26,57	54,15 m						
18	optimale Länge für Band 2	13,83	27,92 m						
19									
20	<b>4.) Untersuchter Längenbereich</b>								
21	Hier die minimal und maximal gewünschte Länge der Stichleitung angeben.								
22	Berechnet wird in diesem Bereich das sich am Speisepunkt ergebende X für beide Bänder								
23	Orientieren Sie sich dazu an den oben errechneten optimalen Längen								
24	Beachten Sie auch, daß die Verhältnisse nach einer halben Wellenlänge gleich sind (s.o. + halbe Wellenlänge)								
25	X ist die sich jeweils am Speisepunkt der Antenne ergebende Blindlast. Positives Vorzeichen bedeutet induktive Belastung, negatives Vorzeichen eine kapazitive Last!								
26									
27	Minimale Länge	26,57 m							
28	Maximale Länge	27,92 m							
29									
30	Länge Koax	X für Band 1	X für Band 2						
31	m	Ohm	Ohm						

Im nächsten, zweiten Schritt wird als Zielwert die gewünschte Belastung X am Speisepunkt der Antenne eingetragen. Diese ist in Ohm anzugeben und dabei das Vorzeichen zu beachten. Ein Plus bedeutet eine induktive Belastung, ein Minus eine kapazitive Belastung. Die Berechnungsblätter sind in erster Linie für die üblichen induktiven Lasten ausgelegt. Wird bei den Zielwerten für Stichleitungen im Leerlauf ein kapazitiver Wert (z.B. -440 Ohm bei 3,6 MHz) eingegeben, so wird zwar eine richtige Leitungslänge (hier z.B. 28,58 m) ausgewiesen. Diese ist aber nicht unbedingt die kürzeste Lösung. Die ergibt sich, indem vom ermittelten Wert eine halbe Wellenlänge abgezogen wird. In unserem Beispiel wäre das  $28,58 \text{ m} - (83,33/2 * 0,662) = 0,998 \text{ m}$ . Prinzipiell kehrt derselbe Impedanzwert nach einer halben Wellenlänge am Kabel wieder. Diese Eigenschaft kann bei jeder Stichleitung, egal, ob mit Kurzschluß oder Leerlauf abgeschlossen, genutzt werden.

Einzugeben ist auch die Frequenz in Kilohertz, bei der die gewünschte Belastung erzielt werden soll. In einer weiteren Zeile können Zielwerte für einen zweiten Frequenzbereich eingegeben werden. Dies ist für die Untersuchung bei Mehrbandbetrieb nötig (s.u.).

Im Abschnitt „3.) Optimale Längen“ werden dann die Längen der Stichleitung für die beiden vorgegebenen Zielwerte errechnet. Es ist dies jeweils die physische Länge (also unter Berücksichtigung des Verkürzungsfaktors) für das gewählte Kabel, die an den Eingangsklemmen die gewünschte Impedanz aufweist. Als Orientierungshilfe für den Mehrbandbetrieb werden zusätzlich noch die um eine halbe Wellenlänge verlängerten Stichleitungen rechts daneben angegeben.

Im Abschnitt „4.) Untersuchter Längenbereich“ können ein Minimal- und ein Maximalwert für die Länge der Stichleitung angegeben werden. Die folgende Tabelle zeigt die sich am

Eingang der Stichleitung ergebende Last  $X$  für die beiden gewählten Frequenzen an. Dieser Bereich ist nur für den Mehrbandbetrieb gedacht. Es soll dabei untersucht werden, bei welchen Längen ein tragbarer Kompromiss für die Stichleitung erzielbar ist.

Die Vorgangsweise bei der Berechnung bleibt unverändert, egal, ob man für eine kurzgeschlossene oder leerlaufende Stichleitung die richtige Länge ermittelt. Lediglich das verwendete Excel-Berechnungsblatt ist entsprechend auszuwählen.

Mit wenigen Eingaben ist es also recht einfach möglich, die Länge der Stichleitung für eine gewünschte Impedanz zu ermitteln. Für Monobandantennen reichen diese Berechnungen meist aus, um die Stichleitungen zu bemessen. In den Berechnungsblättern kann natürlich auch ganz einfach untersucht werden, wie stark sich die Impedanz über den gewünschten Bandbereich ändert.

Kritisch ist die Längenbemessung, wenn man größere Werte für die induktive Belastung realisieren will. Dann befindet sich die Kabellänge im Bereich nahe einer halben Wellenlänge. Hier ist zu beachten, daß kleine Längenänderungen bereits eine große Änderung der induktiven Belastung bewirken. Dies bedeutet aber, daß die Bemessung der Kabellängen kritisch wird. Hier ist zum einen wirklich sehr genau zu messen. Zum anderen muß man den Verkürzungsfaktor des verwendeten Kabels wirklich genau kennen.

Schwieriger als bei Monobandantennen wird die Auslegung von Stichleitungen für Mehrbandbetrieb. Denn hier muß die betreffende Leitungslänge bei mehreren Bändern die gewünschte Impedanz ergeben.

### **Stichleitungen für Mehrbandbetrieb**

Bei zwei voneinander unabhängigen Betriebsbereichen (Bändern) ergeben sich unterschiedliche Wellenlängen. Da die Wellenlänge in die Transformationseigenschaft des Kabels eingeht, ergeben sich unterschiedliche Impedanzen an den Eingangsklemmen der Stichleitung. Um beispielsweise für das 40 m Band eine induktive Belastung von 50 Ohm zu erreichen, muß die Stichleitung (bei einem Verkürzungsfaktor von 0,66) 10,56 m lang sein. Eine derartige offene Stichleitung ergibt aber im 80 m Band eine kapazitive Belastung von ca.  $-j20$  Ohm.

Meist sind auch die Zielwerte für die einzelnen Bänder unterschiedlich. Wird beispielsweise eine 2 Elementantenne für Betrieb auf zwei Bändern vorgesehen, dann befinden sich die beiden Elemente in einem vorgegebenen Abstand. Dieser ist jedoch, bezogen auf die beiden Wellenlängen, unterschiedlich groß. Damit muß das als Reflektor oder Direktor verwendete Element je nach Band mit einer unterschiedlichen Last belegt werden. Nur dann ergibt sich die optimale Richtwirkung. Wir haben also, abhängig von der Frequenz, zwei unterschiedliche Zielwerte. Die Aufgabe ist nun, diese Zielwerte mit möglichst einfachen Mitteln anhand einer Stichleitung auch zu realisieren. Dafür kommen mehrere Möglichkeiten in Betracht

### **Einfache offene oder kurzgeschlossene Stichleitung**

Hier wird, wie bereits bei der Monobandausführung, eine ganz normale Stichleitung verwendet. Diese kann nun an einem Ende kurzgeschlossen oder im Leerlauf sein. Die Aufgabe besteht jetzt darin, zu überprüfen, ob es Leitungslängen gibt, die auf zwei Bändern zumindest annähernd die richtige Belastung ergeben.

Wie wir bereits oben gesehen haben, haben die beiden vorgestellten Berechnungsblätter auch die Möglichkeit, einen zweiten Zielwert einzugeben. In der entsprechenden Zeile wird ganz einfach die gewünschte Impedanz und Frequenz eingetragen. Als Ergebnis erhalten wir unter „3.) Optimale Längen“ die beste Leitungslänge für Band 1 und Band 2. In der Spalte rechts neben diesen Ergebnissen wird auch sofort die um eine halbe Wellenlänge verlängerte Stichleitung berechnet. Wie schon erwähnt, finden wir nach einer halben Wellenlänge am Kabel wieder die gleiche Impedanz.

Es ist nun unsere Aufgabe, anhand dieser 4 Werte (zwei Werte für optimale Länge und weitere zwei Werte, jeweils um eine halbe Wellenlänge verlängert) eine Leitungslänge zu wählen, die auf beiden Bändern ungefähr die gewünschte Impedanz ergibt. Da zumindest im Kurzwellenbereich die meisten Bänder harmonisch zueinander liegen, ist die Wahrscheinlichkeit für eine passende Kombination relativ groß.

Normalerweise werden wir nun eine Leitungslänge 1 haben, die für Band 1 optimal wäre und gleichzeitig eine Leitungslänge 2, die nahe an der ersten liegt und für Band 2 optimal wäre. In diesem Bereich können wir nun unter „4.) Untersuchter Längenbereich“ die Impedanzen für zwei Frequenzen und unterschiedliche Leitungslängen ermitteln. Dazu braucht nur eine minimale und eine maximale Länge der Stichleitung eingegeben werden. In der dann errechneten Tabelle finden wir zu unterschiedlichen Leitungslängen die entsprechende Impedanz am Eingang der Stichleitung. Unsere Aufgabe ist nun nur noch, zu prüfen, welche Länge der Stichleitung auf beiden Bändern die besten Ergebnisse verspricht. Erstaunlicherweise lassen sich hier oft Leitungslängen finden, die fast ideale Ergebnisse erzielen.

Ist jedoch ein Mehrbandbetrieb mit einer solchen einfachen Stichleitung nicht möglich, so müssen wir zu etwas aufwendigeren Ausführungen greifen.

Die Stichleitungen sind meist Teil der Speiseleitung (s. [1], [2], [4]). Das heißt, ein Parasitärelement wird dadurch gebildet, daß die Speiseleitung an einem bestimmten Punkt unterbrochen wird. An diesem Punkt wird die dann als Stichleitung verbleibende Leitung zum Speisepunkt des Elementes entweder kurzgeschlossen oder sie befindet sich im Leerlauf. Dies sind die beiden oben besprochenen Varianten für die Stichleitung.

Man kann nun die Impedanz, die sich am anderen Ende der Stichleitung (d.h. beim Speisepunkt der Antenne) ergibt, auch dadurch beeinflussen, daß die Stichleitung am unteren Ende mit einer Impedanz abgeschlossen wird. Dies kann z.B. ein Schwingkreis sein. Mit einem Schwingkreis kann man auf zwei Frequenzen die jeweils vorgegebenen Impedanzen erreichen. Man hat also bei zwei Frequenzen jeweils einen Zielwert für den Blindwiderstand des Schwingkreises.

Unterscheiden müssen wir nun den Serienschwingkreis und den Parallelschwingkreis. Diese haben einen unterschiedlichen Impedanzverlauf. Der Parallelschwingkreis ist bis zur Resonanzfrequenz induktiv. Dabei nimmt der induktive Blindwiderstand mit der Frequenz zu. Bei der Resonanzfrequenz wird der Widerstand unendlich. Darüber ist der Blindwiderstand kapazitiv, wobei die Impedanz mit zunehmender Frequenz abnimmt.

Beim Serienschwingkreis liegt bis zur Resonanzfrequenz eine kapazitive Last vor. Bei der Resonanz wird der Widerstand Null. Darüber liegt ein induktiver Blindwiderstand vor, der wieder mit zunehmender Frequenz steigt.

Mit diesen Schwingkreisen lassen sich nun frequenzabhängige Impedanzwerte auf zwei Bändern realisieren. Man könnte nun natürlich den Schwingkreis bereits beim Element selbst vorsehen. Bei Richtantennen mit schaltbarer Strahlrichtung und Verwandlung von Strahlern in Parasitärelemente ist es aber nicht sinnvoll, den Schwingkreis direkt am Element selbst vorzusehen. Stattdessen wird dieser in einem Richtungsschalter eingebaut, der über Stichleitungen mit den Elementen verbunden ist.

Das heißt, das Ende der Verbindungskabel von den einzelnen Elementen zum Richtungsschalter wird bei diesem Schalter beim Umschalten von gespeistem Element zu Reflektorbetrieb mit diesem Schwingkreis belastet. Die Impedanz des Schwingkreises bei den beiden Bändern wird dann über die Leitungslänge transformiert. Der transformierte Wert selbst wird im Speisepunkt der Reflektoren wirksam. Daher muß die Impedanz des Schwingkreises nun auf beiden Bändern jenen Wert aufweisen, der, über die Kabellänge transformiert, die angestrebte induktive Belastung der Reflektoren ergibt. Die Vorgangsweise zur Dimensionierung der Stichleitungen und Schwingkreise ist nun einerseits die Festlegung der Länge der Stichleitung und andererseits die Berechnung der Schwingkreise im Richtungsschalter.

Eine Lösung hierfür kann erzielt werden, indem vorerst nach eigenem Ermessen eine sinnvolle Wahl für die Länge der Stichleitungen getroffen wird. Hier ist es zweckmäßig, die Länge so zu

wählen, daß der Richtungsschalter am Boden montiert werden kann. Dies erleichtert spätere Wartungs- oder auch Abstimmarbeiten an der Belastung der Stichleitungen.

Ist die Länge der Stichleitung festgelegt, kann man für beide gewünschten Betriebsfrequenzen jene Reaktanz ermitteln, die, über diese Leitungslänge transformiert, die gewünschte Belastung der Reflektoren ergibt. Um sich hier wieder die Berechnung mit der Leitungstheorie zu ersparen, steht das Berechnungsblatt „Stichleitung\_Schwingkreis.xls“ zur Verfügung. Hier sind wieder die Kabeleigenschaften (Impedanz, Verkürzungsfaktor) einzugeben. Dann sind die beiden gewünschten Frequenzen in kHz und die gewünschten Belastungen bei den Antennenklemmen durch die Stichleitung einzugeben. Zusätzlich ist eine Wahl für die Länge der Stichleitung zu treffen. Sind diese Parameter eingegeben, so erhalten wir als Ergebnis den erforderlichen Abschluß der Stichleitung bei den gewünschten Frequenzen. Berechnet wird also das erforderliche  $X$  in Ohm am unteren Ende der Stichleitung für die beiden Bänder. Ein negatives Vorzeichen beim Ergebnis bedeutet eine kapazitive Last, ein positives einen induktiven Blindwiderstand.

Aus diesen Werten und den beiden Frequenzen kann dann der Schwingkreis berechnet werden. Je nach Verhältnis der beiden Ergebnisse können diese Impedanzen bei den gewünschten Frequenzen durch einen Serien- oder Parallelschwingkreis realisiert werden. Soll z.B. der Abschluß der Stichleitung im niedrigeren Band kapazitiv sein und im höheren Band induktiv, so ist dies durch einen Serienschwingkreis zu realisieren. Die Resonanzfrequenz dieses Schwingkreises liegt dann irgendwo zwischen den beiden gewünschten Bändern.

Die Berechnung des Schwingkreises selbst erfordert nur etwas Mathematik. Bei den beiden vorgegebenen Frequenzen muß der Blindwiderstand  $X$  den oben berechneten Werten entsprechen. Wir haben damit zwei Gleichungen und zwei Unbekannte ( $L$  und  $C$ ). Dieses Gleichungssystem wird gelöst und als Ergebnis erhalten wir die Werte für die Spule und den Kondensator.

Ergeben sich bei der Berechnung für die Induktivität und die Kapazität schwer realisierbare Werte, dann wählen wir ganz einfach eine andere Länge für die Stichleitungen. Allerdings müssen wir dann den Schwingkreis wieder neu berechnen.

Mit Stichleitungen mit Schwingkreisen gelingt es im Gegensatz zu leerlaufenden oder kurzgeschlossenen Stichleitungen immer, die gewünschte optimale Belastung an den Antennenklemmen zu erreichen. Nachteil dieser Lösung ist natürlich, daß pro Stichleitung jeweils ein Kondensator und eine Induktivität notwendig sind. Wobei diese Schaltelemente so aufzubauen sind, daß sie die Belastung im Sendebetrieb aushalten. Auch wenn die mit Stichleitungen belasteten Elemente nur als Parasitärstrahler arbeiten, so wird doch ein Teil der Sendeleistung in ihnen wirksam. Je nach Ausgangsleistung ist daher die Spannungsfestigkeit des Kondensators zu wählen. Gleichzeitig können in Schwingkreisen auch recht hohe Ströme auftreten. Auch in dieser Hinsicht sind die Bauelemente zu bemessen.

### **Stichleitungen mit einzeltem Schaltelement**

Es gibt noch eine elegantere Möglichkeit zur Erzielung der optimalen induktiven Belastung auf zwei Bändern. Diese Lösung habe ich 1989 für eine Mehrband-Sloperantenne entwickelt und hierfür auch ein Patent erhalten [6].

Bei dieser Lösung liegt am Ende der Stichleitung statt des Schwingkreises nur eine einzelne Reaktanz. Es gibt nämlich immer Leitungslängen, bei denen die gewünschte Belastung bei zwei Frequenzen durch einen Abschluß mit demselben Bauelement erzielt wird. Es gilt also nur jene Leitungslänge zu finden, wo dies der Fall ist. Dabei nutzt man also die transformierende Eigenschaft der Stichleitung selbst, um ein Bauteil einzusparen.

Zur Ermittlung der richtigen Stichleitung variiert man vorerst rechnerisch die Länge der Stichleitung. In Abhängigkeit dieser Leitungslänge wird für beide Frequenzen jeweils jener Wert der Induktivität bzw. Kapazität ermittelt, der, über die entsprechende Leitungslänge transformiert, die gewünschte Belastung an den Antennenklemmen ergibt. Es läßt sich nun eine Leitungs-

länge finden, bei der für beide Bänder der gleiche Wert einer Induktivität oder Kapazität erforderlich ist.

Vereinfacht wird die Berechnung durch eine graphische Lösung mittels eines Excel-Arbeitsblattes. Dieses kann unter der Bezeichnung „Stichleitung einzelne Reaktanz.xls“ abgerufen werden.

Auch hier sind wieder vorerst die Daten für die Leitung (Impedanz, Verkürzungsfaktor) einzugeben, dann die beiden Frequenzen und Zielwerte für die Impedanz an den Antennenklemmen. Dann sind ein Minimal- und ein Maximalwert für die Länge der Stichleitung zu wählen. Diese beiden Werte sollten nicht zu weit voneinander entfernt sein. D.h., wir untersuchen am besten immer nur einen relativ kleinen Längenbereich.

Die Berechnung zeigt uns einerseits als Tabelle für unterschiedliche Leitungslängen jenen Abschluß in Ohm, der für Band 1 oder Band 2 erforderlich ist. Zusätzlich wird nun aber auch ausgerechnet, durch welches Bauelement dies realisiert wird.

Um nun nicht jeweils die ganze Tabelle nach einer Lösung durchsuchen zu müssen, finden wir am Ende des Berechnungsblattes ein Diagramm. Dieses zeigt das notwendige Schaltelement in Picofarad oder Mikrohenry für die beiden Frequenzen. Schneiden sich die beiden Kurven, dann liegt hier eine Lösung vor. Wir werden dann diesen Längenbereich näher untersuchen, indem wir die minimale und maximale Länge der Stichleitung immer mehr um diesen Bereich einschränken.

Beachten müssen wir, daß im Diagramm der Wechsel von induktiver zu kapazitiver Last bzw. umgekehrt bzw. das Ausschwingen zu +/- Unendlich nicht richtig dargestellt werden kann. Diese Bereiche werden als Spitzen dargestellt, die aber zu keinen wirklichen Lösungen führen. Dies ist auch der Grund, warum wir bei der Vorgabe von minimaler und maximaler Leitungslänge in relativ kleinen Schritten vorgehen sollten. So können wir uns beliebig genau an die Lösung herantasten. Diese Lösung besteht einerseits aus der nun gefundenen Leitungslänge, die dem Schnittpunkt der beiden Kurven entspricht. Andererseits ist die Lösung durch den Abschluss der Stichleitung beschrieben. Dieser Abschluss ist nun entweder ein Kondensator oder eine Spule. Den Wert dieses Bauelementes lesen wir auf der y-Achse des Diagramms ab, oder aber oberhalb in der berechneten Tabelle.

Mit diesem einen Bauelement, das die Stichleitung der nun ermittelten Länge abschließt, läßt sich auf zwei Bändern die gewünschte Belastung an den Antennenklemmen erzielen. Eine besonders günstige Lösung ergibt sich, wenn das betreffende Bauelement aus einer Spule mit nicht allzu großer Induktivität besteht. Eine derartige Spule kann mit ausreichender Spannungs- und Stromfestigkeit relativ leicht selbst hergestellt werden.

Es gibt übrigens immer mehr als eine Lösung. Denn geht man von einer Lösung weiter entlang des Kabels, also verlängert man die Stichleitung, dann finden sich auch andere, größere Leitungslängen. In den meisten Fällen wird man allerdings die kürzest mögliche Stichleitung realisieren.

## **Zusammenfassung**

Mit Stichleitungen können frequenzabhängige Belastungen an Antennenklemmen realisiert werden. Für Zweibandbetrieb sollte man vorerst die Möglichkeit einer offenen oder kurzgeschlossenen Stichleitung prüfen. In vielen Fällen lassen sich Leitungslängen finden, die auf beiden Bändern einen vernünftigen Kompromiss ermöglichen. Ist eine derartige Lösung nicht möglich oder sinnvoll, so können beliebige Impedanzen an den Antennenklemmen durch Abschluss der Stichleitung mit einem Schwingkreis erzielt werden. Allerdings lassen sich auch Leitungslängen finden, bei denen ein Abschluß mit einem einzelnen Bauelement (C oder L) auf zwei unabhängigen Frequenzen die gewünschte Belastung ergibt.

Für alle drei Möglichkeiten sind im Downloadbereich Berechnungsblätter vorhanden. Mit diesen sollte es jedem relativ leicht möglich sein, die passenden Stichleitungen für das eigene Projekt

zu berechnen. Dazu wünscht der Autor viel Erfolg und hofft, daß die Ergebnisse solcher Antennenprojekte auch fleißig auf der Homepage des OAFV publiziert werden.

### **Literatur**

- [1] Die Inverted Vee Antenne, Weigl, J., OE5CWL, Verlag für Technik und Handwerk, Baden-Baden 2006, ISBN 3-88180-832-9
- [2] A shortened 40-Meter Four-Element Sloping Dipole Array, Weigl, J.; Ham Radio Magazine, May 1988, pp 74-78
- [3] Verkürzte Vierelement-Sloperantenne für 40 m; Weigl, J. , OE5CWL; Funkamateure August 1992, Seite 471-472
- [4] Sloper als DX-Antennen für die unteren Bänder, Weigl, J., OE5CWL, Artikelserie in Funkamateure, Ausgabe April, Mai und Juni 2006, Theuberger Verlag, Berlin
- [5] Kurze Antennen, Janzen, G.; Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1986; ISBN 3-440-05469-1
- [6] Patentschrift AT392173, Mehrbandrichtantenne mit schaltbarer Strahlrichtung Februar 1991