

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Dieses Skript entstand im WS 97/98, als ich vertretungsweise die Vorlesung von Prof. Dr. Liesenkötter ‚Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik‘ zu lesen hatte. Dabei habe ich versucht, als Ergänzung zu dem Skript von Herrn Dr. Liesenkötter [1] ein Skript zu erstellen, in dem die wichtigsten Formeln ausführlich auf der Grundlage des Stoffes aus den Vorlesungen ‚Grundlagen der Elektrotechnik‘ und ‚Übertragungstechnik‘ abgeleitet werden. Insofern enthält dieses Skript auch keine Beschreibung der Hochfrequenztechnik und deren Anwendungen. In das Skript wurden verschiedene Bilder aus der angegebenen Literatur eingefügt, wobei als Zitat nur der Autor genannt wurde. Ein genauer Quellennachweis über die zu den einzelnen Kapiteln verwendete Literatur wurde nicht vorgenommen, da es sich bei den Quellen um Lehrbücher handelt. Zu dem Skript gibt es eine extra Sammlung mit Übungsaufgaben und deren Lösungen.

1.2 Abgrenzung: Technische Wechselstromlehre, NF-Technik, HF-Technik

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit für elektrische Feldenergie ist durch die Lichtgeschwindigkeit begrenzt. Im Speziellen ist sie abhängig von den im Raum gegebenen Verhältnissen wie Materie, Führungen durch metallische Leiteranordnungen und Hindernisse (Wellenführung).

$$c_0 = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c = c_0 / \sqrt{\epsilon_r} \quad \text{im homogenen Dielektrikum}$$

Obwohl ein Lichtstrahl innerhalb einer Sekunde etwa 8 mal um die Erde läuft, kann bei sehr schnell wechselnden elektrischen Signalen (ab 100 kHz) der innerhalb einer Zeitperiode T zurückgelegte Weg λ durchaus vergleichbar mit den geometrischen Abmessungen der technischen Funktionseinheit bzw. Anordnung sein.

$$\lambda_0 = \frac{c_0}{f}, \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

f	300 kHz	300 MHz	300 GHz
λ_0	1 km	1 m	1 mm

Mikrowellen: im Frequenzbereich zwischen 3 GHz und 300 GHz, entsprechend dem Wellenlängenbereich von 1 dm bis 1 mm.

In der Theorie der Elektrotechnik für niedere Frequenzen (Energietechnik, technischer Wechselstrom, NF-Technik) werden Konzepte und Modelle verwendet, die unabhängig von der Ausbreitung der elektrischen Felder und Wellen sind. Bei einer Bewegung der felderzeugenden Ladungen breiten sich die Felder so schnell aus, daß sich die Felder zu jedem Zeitpunkt im gesamten, die technische Anlage ausfüllenden Raum an die neue Lage der Ladungen angepaßt haben; denn die Zeit, in der sich die Feldänderungen am Ort der Erzeugung (Quelle) dem am weitesten entfernten Ort in der Anordnung (Senke, Verbraucher) mitgeteilt haben, ist verschwindend klein gegen die Periodendauer der Ströme und Spannungen. (Quasistatische Felder).

Es lassen sich daher in der Wechselstromlehre und NF-Technik mit den integralen Feldbegriffen von Spannung und Strom Schaltungselemente definieren, in denen die Feldenergie in sog. konzentrierten Bauelementen wie Widerstand, Kapazität und Induktivität vereint sind und sich quasi gleichzeitig mit den Ladungen verändern. Diese Schaltungselemente sind durch Leitungen zu Netzwerken verbunden. Auch in den aktiven Bauelementen verändern sich die Felder überall gleichzeitig mit den Ladungen.

Ist dagegen der aus dem Spektrum der Signale ableitbare Frequenz- und Wellenlängenbereich der Signale vergleichbar mit den Abmessungen des technischen Gerätes, bzw. der Funktionseinheit oder der ins Auge gefaßten Anordnung, so macht sich die Ausbreitung der Felder bemerkbar.



Der Feldzustand am Ort der Quelle teilt sich erst verzögert einem davon entfernten Ort mit. Die Verzögerungszeit ist gegeben durch die Laufzeit, welche die elektrische Feldenergie braucht, um von der Quelle bis zu diesem Ort zu gelangen (in einer linearen homogenen Anordnung proportional zur Entfernung). Dadurch ist die Feldverteilung zu jedem Zeitpunkt auch abhängig vom Ort.

HF-Technik

wenn

- $l < a / 10$ $a \Leftrightarrow$ Linearabmessung der Anordnung
- insbesondere ist dies bei allen Antennen der Fall;
- bei Leitungen etwa ab 100 kHz;
- bei Schaltungen und Bauteilen wegen der kleineren Abmessungen häufig erst ab einigen hundert MHz; jedoch kann die Wellenlänge aufgrund der Dielektrizitätskonstante (bis $\epsilon_r = 10$) des Substrates stark verringert sein
- immer im GHz -Bereich.
- natürlich auch im Bereich der Wellenausbreitung über Funkwellen und im Bereich der Glasfasertechnik.

1.3 Historisches

HF- Technik ist aus der Funktechnik hervorgegangen

- 1865 J.C. Maxwell: Theorie
- 1887 Heinrich Hertz: Demonstration von Radiowellen
- 1896 Guglielmo Marconi: erste el. Signalübertragung über Funkweg von Ballycastle (Nordirland) aus

wichtige Highlights

- Trägerfrequenzübertragung, mehrere Kanäle ohne gegenseitige Störung über gleiches Medium,
- Frequenzbereich wurde ständig ausgeweitet.
- A/D Wandlung, digitale Verarbeitung, Vermittlung und Übertragung von Signalen
- technische Anwendungen, Bauelemente und Schaltungen sind in einzelnen Frequenzbereichen sehr unterschiedlich.

