

# Kapitel 1

## 1.1. Orientierungen im 3-dimensionalen Raum: (S. 11)

- Wozu braucht man eine innere und äußere Orientierung?
- Bereiche und Berandungen.
- Was ist innere Orientierung eines Punktes?
- Warum sind Ränder konsistent orientiert?
- Was ist ein konsistenter Bereich?
- Was bei Loch in der Fläche?
- Warum Unterscheidung innen/außen?
- Was ist innere Orientierung eines Punktes

## 1.2. Was sind Koordinaten? (S. 15)

- Wie definiert man ein Kugelkoordinatensystem?
- Kugelkoordinatensystem: Koordinatenlinien, Koordinatenflächen, Koordinatenlinien für Winkel const.; Koordinatenflächen für Winkel const.;
- Ortsvektor; Koordinatenbasis
- Wie heißen die Winkeln Alpha und Theta? (Polar- und Azimutalwinkel)
- Wozu Koordinaten? („Adressierung im Raum“)

## 1.3. Räumliche Ableitung(S. 18)

- Was ist ein Gradient, div, rot (anschaulich erklären)?
- Was ist die Richtungsableitung eines Tensorfeldes?
- Rotorgleichungen. Satz von Gauß, Stokes. Integraldarstellung. (S. 22)
- Satz von Stokes in Worten erklären?
- Wie ist Nabla einzuführen?
- Was ist Grundlegende Idee dahinter? (Lineare Approximation)
- Wie kann man sich ein Skalarfeld veranschaulichen?
- Bei Grad, was ist der Zusammenhang zwischen dem Betrag und der Änderungsrate ( $B = A$ )
- Was für einen Bezug hat die Quellendichte zum Satz von Gauss? (Quellenst. = Fluß)

# Kapitel 2

## 2.1. Einteilung von Feldgrößen: (S. 26)

- e-mag/stromladungs.

## 2.2. Das Strom- Ladungsfeld. (S. 28)

- Welche 4 Verteilungen gehören zum Strom Ladungsfeld? (Globale und lokale)
- Welche allgemeineren und spezielleren Eigenschaften?
- Was ist magn. Spannungsverteilung?
- Was versteht man unter Stromverteilung?
- Was versteht man unter Ladungsverteilung?
- Was versteht man unter elektr. Flußverteilung?

## 2.3. Globale, lokale Maxwellgleichungen(S. 30)

- Sprungbedingungen (math.) Voraussetzung
- Wie kommt ein Dipol in einem Körper zustande?
- Was ist ein mag. Moment?

## 2.4. Fiktive und effektive (wahre) Ladungen und Ströme. (S. 35)

- Woher?
- Wie vorzustellen?

## 2.5. Elektrische Polarisierung, Magnetisierung. (S. 34, 136)

- Einheiten.
- Mikroskopische Modellvorstellung (P..Volumendichte der statistisch gemittelten Dipolmomente).
- Was ist ein Dipol Moment?

## 2.6. Transformation der Gleichungen des elektromagn. Und Strom-Ladungsfeld. (S. 36)

- Welche Konsequenz bei Einsetzen in Materialbeziehung? (Äthertheorie)

## 2.7. Arten von (einfachen) Materialgleichungen.

- Lokale Beziehung zwischen 2 Feldgrößen erklären;
- isotrope-/Anisotrope Körper; Linearer Fall; Homogener Fall; Nicht einfache Materialgleichung (Piezoelekt.); Magn. Suszeptibilität;

Warum ist Materialgleichung einfach? –  
Lokale Beziehung zw. 2 Feldgrößen; Kenngrößen;  
Warum brauche ich Tensor 2. Stufe wenn Anisotropie vorliegt?;  
Wann ist Körper elektrisch nicht polarisierbar? (wenn immer  $D = \epsilon_0 \cdot E$  gilt) (S. 36)  
Warum sind Materialgleichungen nicht lokal?

### **2.8. E, B, H: bewegtes System mit $v \ll c_0$ .**

Wie rechnet man zw. Labor und bewegten Inertialsystem um?  
Wozu braucht man sie?  
Wie kommt man auf sie?  
Auf einen Inertialsystem kennen Sie die Feldgrößen. Wie sieht das von einem anderen Inertialsystem aus, das sich relativ dazu bewegt?  
Konvektions-Konduktionsstromdichte, Gallileitransformation, Lorentztransformation (S. 39)  
 $J'$  wird in 2 Teile aufgeteilt, welche? (konduk-, kovek-I)  
Erklärung der el Stromdichte Transformation. (konkretes Bsp. Dafür)

### **2.9. Maxwellgleichungen (Grundgleichungen): Global/lokal. (S. 43-46)**

Für beliebige Flächen muss der Klammerausdruck verschwinden, warum?  
Sprungbedingungen – Mathem. Voraussetzung? Quasistatisch, Quasistationär Anwendungsbereiche.

### **2.10. Maxwellgleichungen: dominant elektrisch/magnetisch + Anwendungsbereich (S. 46,57)**

SI Einheit vom el. Fluß? (herleitbar aus Hüllenfluß)  
Wie äußert sich die mag. Spannung?

### **2.11. Impuls- und Energiebilanz (global und lokal)? (S. 50)**

Globale Bilanzgleichung. Lokale Dichten. (Wann ist die Bilanzgleichung = Erhaltungsgleichung? (Wenn die Produktionsrate verschwindet).  
Was sind vollständige Systeme?  
Aufspaltung in Teilsysteme. Wie kommt man von global auf lokal? Voraussetzung? (Additivität))  
Impulsdichte Tensor und Impulsfluß T. haben welche Stufe? (Vektor(1) und 2)  
Mechanische Erklärung dafür und Beispiel?

### **2.12. Pointing Satz (S. 55)**

Herleitung aus den Maxwell-Gleichungen und Voraussetzung (Identität Pointingsatz).  
Poynting Vektor Wie eingeführt? Wozu?  
Wann kann man ihn als Energieflussdichte bezeichnen?  
Was wird aus Poyntingsatz gewonnen? Welche Voraussetzungen? Bilanzgleichung?  
Warum ist auf der rechten Seite ein Minus?

### **2.13. Statische elektrische Felder.**

**Elektrostatistischer Spannungsbegriff (Maxwell-Spannungen) (S.56,43)**  
Was ist elektrische Spannungsverteilung?  
Maxwell Spannungstensor

## **Kapitel 3**

### **3.1. Elektrostatik, Statische elektrische Felder (S. 62)**

Elektrostatische Spannung; wie kommt man von der globalen Form auf die lokale Form?

### **3.2. Wie kommt man zu Poisson und Laplace Gleichung? (S.63;97)**

Grundlösung des Laplace Operators?  
Charakter dieser Gleichung?  
Grundlösung der Gleichung?

### **3.3. Theorie holomorpher Fkt. Und Anwendungen Cauchy-Riemannsche DGL- Elektr. Stat. (S.68)**

Gleichung lokal/global  
Was ist eine konforme Abbildung?

### **3.4. Harmonische Skalar- und Vektorfelder (S.69)**

### **3.5. Elektrostatik:**

**Allgemeine Behandlung von Randwertproblemen mit und ohne Raumladungen. (S. 69)**

Spezielle Feldkonfigurationen. Randwertprobleme (Dirichlet, Neumann).  
Lösungen der Poissongleichung.

Allgemeine Lösung in kart. Koordinaten konstruieren (3 dim in kartesischen Koordinaten). (S. 70)  
Dirichlet- und Neumann-Problem?  
Wann ist ein Dirichlet – Problem lösbar?  
Wie ist das Neumann – Problem in der el. Statik zu verstehen?

### **3.6. Laplace Gleichung: Separationsansatz.** (S. 73)

### **3.7. Elektrostatik und Quasi-Elektrostatik: Singularität, Elektrostatik, Kantenfeld?** (S.78)

### **3.8. Stationäre magn. Felder. Eigenschaften,**

**Grundgleichungen, Vektorpotential. Magn. Skalarprodukt.** (S. 95,123)

Elektromagnetisches Feld im engeren Sinn: Was für Verteilungen gehören dazu (global und lokal)  
Wie liegt die elektr. Stromdichte?

### **3.9. Elektrodyn. Potentiale (Vektorpotential und Skalarpotential).** (S. 79)

Wie und auf welcher Grundlage eingeführt?

Was bedeutet Eichung (Eichtransformation; welche Eichungen kennen sie?)

Maxwell Lorentz? Die Maxwellgleichung nennt man auch Coulombgleichung – Warum?

### **3.10. Ebene Magnetfelder** (S.100)

Warum nennt man magnetische Felder eben? Grundgleichungen, Vektorpotential einführen, Umgebung von Vektorpotential

Welche Bedingung muss A bei ideal permeablen Körper haben? homogene Neumannbedingung

Was beschreibt die Reynoldszahl?

### **3.11. Relaxationsgleichung(lokale) ohne Konvektion (Voraussetzungen, Herleitung:** (S. 88)

Relaxationsgleichung, Rel. Zeitkonstante, el. Reynoldszahl [Was für ein Maß], Dominant el.)

Man nimmt wegen der Feldberechnung dominant magn. Feldsystem an! Warum?

Diffusion elektr. Felder?

Von welchen Grundgleichungen geht man aus? Beispiele für ellipt. Typus?

### **3.12. Relaxation und Konvektion elektrischer Ladung mit Bewegung.** (S. 91)

### **3.13. Stationäre magn. Felder:** (s.95)

Eigenschaften allgemein, Einführung Vektorpotential, Skalarpotential, Elektrostatistisches Vektorpotential?  
Einführung, Unter welchen Voraussetzungen?

Unter welcher Voraussetzung kann man  $D = \text{ROT}(V)$  schreiben? Bedeutung für ebene Probleme (S. 79)

Allgemeine Eigenschaften von stationären Magnetfeldern. Grundgleichungen, magn. Vektorpotential, magn. Skalarpotential. (S. 79)

Dielektr. Kugel im elektr. Feld. Was passiert mit dem Feld; in der Kugel, etc? Qualitative Skizze (S.86)

### **3.14. Spezielle stationäre Magnetfelder.** (S.100)

Wann ist statisch magnetisches Feld eben(Vektorpotential)?

Stromverteilung (Automatisch Maxwell geeicht)?

## **Kapitel 4**

### **4.1. Dom. magnetisch: Bullard Gleichung herleiten.** (S. 111,118)

Diff. Zeitkonst. Induktionserscheinungen und Stromverdrängung.

### **4.2. Eindringen (Diffusion) eines magn. Feldes in einen Halbraum (mü0, gamma) (sinusförmig).** (S. 112)

Was passiert wenn sprunghaft ein tangenciales magnetisches Feld angelegt wird?

Wie tritt die Flußdichte in den Körper ein, und wie schaut die Stromverteilung im Halbraum aus?

## **Kapitel 5**

### **5.1. Wie kommt in der Elektrodynamik eine Wellengleichung zustande?**

Einfache Wellengleichung (skalare)

Elektr. Feldstärke: unter welchen Voraussetzung liefert sie eine Wellengleichung?

### **5.2. Leitungsgleichungen aus Ersatzschaltbild. Mit/ohne Verlustkomponenten.** (S. 125)

Lösung als hin-/rücklaufende Welle der Leitungsgleichung -> d'Alembertsche Lösung.

- 5.3. Skalare inhomogene Wellengleichung.** (S. 125)  
D'Alembert Operator. Grundlösung, Kausalität, Retardierung
- 5.4. Hertzdipol?** (S.128)  
Zeigen Sie dass ein Hertzdipol Energie abstrahlt
- 5.5. Greenfunktion?** (S.126)
- 5.6. Wellenausbreitungsphänomene.** (S. 135)  
Longitudinale und transversale Wellen.
- 5.7. Ebene Sinuswelle** (S. 136)  
Wie ist sie definiert?  
Wann ist die Amplitude komplex? Wann reell?  
Definition der Variablen im Exponent?  
Was bildet  $F \rightarrow$  ab, wovon hängt dessen Wert ab?  
Form der Phasenfläche bezogen auf  $H$  ?
- 5.8. Polarisation von Wellen (Pol. Von Vektorartigen Wellen):** (S. 136)  
linear, zirkular, elliptisch  
(Lineare in 2 zirkulare Wellen zerlegen und umgekehrt!)
- 5.9. Vektorfeld der ebenen Sinuswelle:** (S. 136)  
Gruppen - und Phasengeschwindigkeit  
Phasenebenen ( $C_{ph}$ ,  $C_{gr}$ ?)
- 5.10. Wellenausbreitungsphänomene Longitudinale und transversale Wellen** (S.136)
- 5.11. Ideal metallische Randbedingung bei Hohlleitern (Wellen) für Rand –Sprungbedingungen.** (S.140)  
Wie kann man Eindringen verhindern, von was hängt sie ab?
- 5.12. TEM Wellen. Voraussetzung, Dispersion, Dissipation. (Ausbreitung von Wellen auf Leitungen)** (S. 141)  
Warum sind nur TEM Wellen durch Leitungsgleichung beschreibbar?  
Bedingung damit man entlang einer zylind. Struktur TEM Wellen haben kann?  
Warum gibt es eine untere Grenzfrequenz (Da Mode nur mit Frequenzen höherer als Grenzfrequenz zur Ausbreitung angeregt werden kann) (Erklärung mit Hilfe des Induktionsgesetzes)
- 5.13. Moden von Wellen.** (S. 141)
- 5.14. Dispersion. Kann durch abstimmen des Induktionsbelages beseitigt werden.** (S. 143)  
Fourierzerlegung  $\rightarrow$  unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten.
- 5.15. Leitungsgleichungen aus Ersatzschaltbild** (S. 145)  
Mit und ohne Verlusten  
hin- u. rücklaufende Welle aus den Leitungsgleichungen – d'Alembertsche Lösung
- 5.16. Verlustfreie Doppelleitung.** (S. 145)  
Welche Wellentypen? Herleiten der Leitungsgleichungen?  
Allgemeine Lösungen.  
Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit es sich wirklich um TEM Wellen handelt?  
Resultierende Kenngrößen  
Wo tritt der mag Fluß durch?
- 5.17. Verlustbehaftete Doppelleitung. (im Eingeschwungenem Zustand (Sinusschwingung):** (S. 145)  
Grundgleichungen,  $Z', Y'$ , Ersatzschaltbild, Leitungsgleichungen herleiten  
Parameter, Ersatzschaltung?  
Wie sieht die Berücksichtigung von Verlusten im Vergleich zum verlustfreien Fall aus?  
Unterschied zu verlustfreier Leitung zB: bei Impuls?  
Woher kommt Dispersion?  
Wellentypen; Wie kommt man auf die Leitungsgleichungen? Allg. Lösungen

## 7. März 2001:

Kandidat 1:

1. Feld vollständig gegeben ( $E$ ,  $B$ ). Wie transformieren sich die Feldgrößen bei konstanter Geschwindigkeit. Formeln herleiten. Warum brauchen wir das? Welche Hauptanwendung?
2. Wie wurden elektrodynamische Potentiale eingeführt? Eichungen?

Kandidat 2:

3. Poynting Vektor. Wie eingeführt? Wozu? Wann kann man ihn als Energieflussdichte bezeichnen? Was wird aus Poynting Satz gewonnen? Welche Voraussetzungen?
4.  $E(r,t)=\text{Re}[E(r)\exp(j\omega t)]$ ,  $B(r,t)=\text{Re}[B(r)\exp(j\omega t)]$  gegeben. Berechnen Sie den Poynting Vektor.

Kandidat 3:

1. Ebenes magn. Feld. Wie sind die Größen gerichtet? Wie wird magn. Vektorpotential eingesetzt?

Kandidat 4:

1. Elektr. Polarisation, Magnetisierung. Wie kann man sich den mikroskopischen Ursprung vorstellen? Welche Einheiten haben die Größen? Was ist magnetisches Dipol?

## 12. März 2001:

Kandidat 1:

1. Poynting Vektor, Bilanzgleichung. Warum ist auf der rechten Seite ein Minus?
2. Stationäre magn. Felder. Eigenschaften? Wie wird Vektorpotential eingeführt? Wann/Wie Skalarpotential?

Kandidat 2:

1. Laplace Gleichung in der Elektrostatik. In kartesischen Koordinaten. Separationsansatz erklären (3D). Wie kann man allgemeinere Lösungen finden?
2. Polarisation von vektoriellen Sinus-Wellen? Welche Arten der Polarisation? Lineare in 2 zirkulare Wellen zerlegen und umgekehrt.

Kandidat 3:

1. Orientierungen, Bereiche in 3D. Innere und äußere Orientierung. Spiegelung.
2. Vektorfeld  $f(r,t)$  soll Sinus Welle (eben, homogen) darstellen. ( $f(r,t)=\text{Re}[f\exp(j\omega t-\gamma\kappa\cdot r)]$ )

Kandidat 4:

1. Räumliche Ableitungen. Wie geometrisch anschaulich einführen? Allgemeines Tensorfeld: Was ist Gradient? Wie ist Nabla einzuführen? Was ist die grundlegende Idee dahinter? (Lineare Approximation).
2. Welche Voraussetzungen für Leituntheorie bei Doppelleitungen. Auf welchen Modus beschränkt? Warum? (TEM, weil man sonst keine exakten Werte für  $U$  und  $I$  zuweisen könnte).

Kandidat 5:

1. Elektromagn. Feld im engeren Sinne. Welche Vorteile? Wie erklärt? Formale / Spezielle Eigenschaften? Lokale und globale Gleichungen? Was bedeutet linear?
2. Relaxations- und Konvektionsprozesse elektrischer Ladung bei Bewegung. Formeln herleiten.

Kandidat 6:

1. Einfache Materialgleichungen. Kenngrößen. Warum brauche ich Tensor 2. Stufe wenn Anisotropie vorliegt? Was ist Suszeptibilität? In welchem Zusammenhang? Wann ist Körper elektrisch nicht polarisierbar? (wenn immer  $D=\epsilon_0 E$  ist). Wann ist Materialgleichung einfach?
2. Wann ist Statisches magn. Feld eben? Vektorpotential, Stromverteilung? (Automatisch Maxwell geeicht!)

Kandidat 7:

1. Gradient eines Skalarfeldes? Divergenz eines Vektorfeldes? Rotation eines Vektorfeldes? Gauß und Stokes.
2. Quasistationäre Stromverteilung. Wie kommt man auf die Gleichung für magn. Flussdichte? (Bullart Gleichung).

Kandidat 8:

1. Elektrostatische Felder: Grundgleichungen, elektrostatische Spannung, Laplace-, Poisson-Gleichung.
2. Skalare Welle. Wellengleichung. D'Alembert, Grundlösung, Kausalität?

Kandidat 9:

1. Energiebilanz. Wie kommt man vom Globalen aufs Lokale? Unterschied Erhaltungs- / Bilanzgleichung?
2. Verlustbehaftete Doppelleitung. Welche Parameter? Unterschied zu verlustfreier Leitung, z.B. bei Impuls? Woher kommt Dispersion?

Herleitung der Differentialgleichung für die verlustbehaftete Leitung mit Hilfe der komplexen Wechselstromrechnung für eingeschwungene Sinusgrößen mit  $Z$ ,  $Y$  (!!).