

1 Merkwürdiges

Haben bahnbrechende physikalische Erkenntnisse einmal Eingang in den sakralen Raum des anerkannten Standes der Wissenschaft gefunden, existiert um sie ein Tabu. Weisen die Folgerungen aus diesen Erkenntnissen vom Prinzip her in die richtige Richtung, werden eventuelle Ungereimtheiten im gedanklichen Ansatz und in den Ableitungen nicht mehr weiter diskutiert. Unstimmigkeiten werden vielmehr bei der Anwendung der Ergebnisse mit auf die „Heilung“ der Mängel zielende Manipulationen im mathematischen Ansatz zu unterdrücken versucht. Klassische Beispiele sind die von EINSTEIN angegebene LORENTZ-Transformation und die Feldgleichungen nach MAXWELL. Die aus EINSTEINS berühmter Veröffentlichung aus dem Jahre 1905 mit dem Titel „**Zur Elektrodynamik bewegter Körper**“ hervorgegangene LORENTZ-Transformation ist bekanntlich das Kernstück der speziellen Relativitätstheorie.

1.1 Lorentz - Transformation

Gängiges Verfahren beim Lösen mathematischer Gleichungen ist die Prüfung der Richtigkeit der erzielten Lösung durch Einsetzen in den Gleichungsansatz. Diese pädagogische Grundregel ist auch bei komplizierteren Gleichungen das adäquate Mittel, den Lösungsweg auf Richtigkeit zu überprüfen.

In EINSTEINS Veröffentlichung von 1905 ist unter § 2 „**Über die Relativität von Längen und Zeiten**“ und § 3 „**Theorie der Koordinaten- und Zeittransformation**“ der zur Ableitung der LORENTZ-Transformation angegebene Lösungsweg physikalisch verfehlt und die mathematische Ableitung offenbart Schritt für Schritt diese Fehlerhaftigkeit; Dies ist unschwer nachzuprüfen durch Einsetzen der am Schluss angegebenen Lösung in Form der Grundgleichung der LORENTZ-Transformation

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

in die der Ableitung dienenden Gleichungen, die als Zwischenergebnisse zwischen Ansatz und Lösung angegeben sind. In der physikalischen Fachliteratur für Studenten wird das Thema „Ableitung der LORENTZ-Transformation“ schamhaft ausgeblendet. Aber EINSTEINS Fehlleistung bei der Ableitung wird dann noch getoppt mit dem Versuch, für die Richtigkeit der LORENTZ-Transformation (quasi als Ersatz für die fehlende Ableitung) einen Beweis nachzuliefern. Dieser „Beweis“ hat zwei Inertialsysteme S und S' mit gegenseitiger Relativgeschwindigkeit zum Gegenstand, aus deren unterschiedlicher Sicht eine durch einen Lichtblitz ausgelöste Kugelwelle betrachtet wird. Ziel ist es, die Widerspruchsfreiheit des rechnerischen Systems, bestehend aus der LORENTZ-Transformation und den Kugelgleichungen darzulegen. Und dieser Versuch misslingt gründlich. Das lässt sich am besten demonstrieren, wenn nachstehend nochmals die LORENTZ-Transformation und die Kugelgleichungen im Zusammenhang dargestellt werden.

$$\begin{aligned}
 x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \\
 t' &= \frac{t - \frac{v}{c^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, & t &= \frac{t' + \frac{v}{c^2} \cdot x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \\
 y' &= y, \\
 z' &= z. \\
 r^2 &= x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2, \\
 r'^2 &= x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2.
 \end{aligned}$$

Der entscheidende Denkfehler dieser Darstellung liegt im Ansatz: Es ist ein physikalisches Übel, die gleichen Variablen

$$t = t(x) = \frac{x}{c} \quad \text{beziehungsweise} \quad t' = t'(x') = \frac{x'}{c},$$

die in der LORENTZ-Transformation in fester Beziehung zu

$$x \quad \text{beziehungsweise} \quad x'$$

stehen, gleichzeitig für die Formel der Kugelwelle

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = ct \quad \text{beziehungsweise} \quad r' = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} = ct'$$

in Anspruch zu nehmen. In Ausbreitungsrichtung der Kugelwelle ist ja nicht etwa

$$x = ct \quad \text{beziehungsweise} \quad x' = ct'$$

als Parameter maßgebend, sondern

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \text{beziehungsweise} \quad r' = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}.$$

Auf der Basis dieses Denkfehlers sind alle weiteren mathematischen Spielereien physikalisch ohne jeden Aussagewert. Zur Verdeutlichung ist mit der Vorgabe

$$y^2 + z^2 = y'^2 + z'^2 > 0$$

und der Angabe der echten Ausbreitungszeit

$$t_{x,y,z} \quad \text{beziehungsweise} \quad t'_{x,y,z}$$

die Beziehung

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = ct_{x,y,z} \quad \text{beziehungsweise} \quad r' = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} = ct'_{x,y,z}$$

dargestellt. Durch Einsetzen von

$$x = ct \quad \text{beziehungsweise} \quad x' = ct'$$

ergibt sich weiterhin

$$r = \sqrt{c^2 t^2 + y^2 + z^2} = ct_{x,y,z} > ct \quad \text{beziehungsweise} \quad r' = \sqrt{c^2 t'^2 + y'^2 + z'^2} = ct'_{x,y,z} > ct'$$

und damit die zwingende Folge:

$$t_{x,y,z} > t \quad \text{beziehungsweise} \quad t'_{x,y,z} > t'.$$

1.2 Maxwell'sche Feldgleichungen

Die KIRCHHOFFSchen Gesetze für Stromkreise sind von universeller Natur. Die Vorstellung, diese Gesetze nur auf Strukturen verschalteter elektrischer Bauteile anzuwenden, greift zu kurz. Diese Gesetzmäßigkeiten gelten vielmehr unverändert fort, auch wenn wir uns gedanklich diese Bauteile immer kleiner vorstellen bis hin zu differentieller Größenordnung, und „Bauteil“ an „Bauteil“ herangerückt ist. Diese Vorstellung bildet exakt die Verhältnisse für strömende elektrische Energie im Raum oder Freiraumstrahlung ab. Daraus folgt die zwingende Konsequenz, dass die KIRCHHOFFSchen Gesetze für strömende elektrische Energie (Elektrodynamik) unter keinen Umständen vernachlässigt werden können. Deshalb unterliegt aber auch die Anwendung von Vektoren für elektrische Feldgrößen im Raum einer entscheidenden Restriktion: Ein Rechenansatz, der die gedankliche Aufteilung der resultierenden Feldstärke in Komponenten unterstellt, ist unter der Bedingung strömender elektrischer Energie fehlerhaft! Der Grund ist einfach: Komponenten des Vektors werden geometrisch zusammengefasst, die KIRCHHOFFSchen Gesetze verlangen aber kategorisch algebraische Addition!

Solange nach der Natur der Problemstellung die Vektoreigenschaft (geometrische Aufteilung in Komponenten) nicht in Anspruch genommen werden muss, entsteht freilich kein Konflikt. Wenn aber wie für die typische Problemstellung des HERTZschen Dipols mit seiner fächerförmig sich ausbreitenden Strahlung, die Aufteilung der strömenden elektrischen Energie im Focus der Betrachtung steht, dann versagt die vektorielle Betrachtungsweise.

Wegen der vorstehend aufgezeigten Restriktion für die Vektoreigenschaft von Feldgrößen in der Elektrodynamik, ist deshalb auch beim Umgang mit den MAXWELLSchen Feldgleichungen Vorsicht geboten: Ihre vektorielle Darstellung im Original impliziert Allgemeingültigkeit. Und genau diese Allgemeingültigkeit kommt den Feldgleichungen nicht zu, denn sich auffächernde elektrische Strahlung wird mit diesen Feldgleichungen physikalisch und mathematisch **nicht korrekt** abgebildet. Trotz dieses Mangels bleiben natürlich die MAXWELLSchen Feldgleichungen ein unbestreitbarer Meilenstein und grundlegender Erkenntnisgewinn in der Physik. Aber gerade diese einschneidende Erkenntnis hat zu einer gewissen Kritiklosigkeit in der wissenschaftlichen Welt bei der Anwendung dieser Feldgleichungen geführt und die Problemstellung des HERTZschen Dipols ist das markante Beispiel hierfür.

Der Versuch, dem aufgezeigten prinzipiellen Mangel der Feldgleichungen (neben einem eher nachrangigen Vorzeichenfehler) durch „geeignete“ Näherungsmethoden abzuwehren, ist von vornherein ein dubioses Unterfangen. Zu welchen Verbiegungen und mathematischen Verstößen ein Lösungsversuch führen kann, ist beispielhaft wiedergegeben in **Abschnitt 6 „Hertzscher Dipol, Kritik zu den Ableitungen ...“** im **Anhang** zu **„Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse“**. (Im **Abschnitt 8** des **Anhangs** wird u. a. auf den vorstehend erwähnten Vorzeichenfehler eingegangen.)

Dass bei solchen Näherungsmethoden meistens gern auch die pädagogische Grundregel vernachlässigt wird, nämlich zur Überprüfung der Richtigkeit, die erzielte Lösung in den Lösungsansatz vom Anfang der Ableitung einzusetzen, sei nur am Rande erwähnt.

1.3 Stromverdrängung

Ursache der Stromverdrängung im elektrischen Leiter ist die induktive Wirkung, repräsentiert durch den induktiven Widerstand, der als entscheidende Komponente im Zusammenspiel mit der Ohmschen Komponente seine Wirkung entfaltet. Zwingende Folge des induktiven Widerstandes ist die zeitliche Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom beziehungsweise zwischen elektrischer Feldstärke und magnetischer Feldstärke. Dieses grundlegende physikalische Merkmal der Stromverdrängung muss sich natürlich auch in der Differentialgleichung des Lösungsansatzes für die Problemstellung der Stromverdrängung korrekt abbilden. - Und genau dieses grundlegende Merkmal wird in dem Ansatz für die **„Stromverdrängung im**

„**zylindrischen Leiter**“ nach KÜPFMÜLLER, KARL / KOHN, GERHARD: „**Theoretische Elektrotechnik und Elektronik**“, (14./15. Auflage, Drittes Kapitel, 32. Wirbelströme, Seite 337 ff) vermisst.

Obwohl diese Literaturquelle wohl als sogenannter Stand der Wissenschaft anzusprechen ist, wird darin eine mathematische Geisterfahrt unternommen, deren Ergebnisse eigentlich alle Alarmglocken läuten lassen; Aber die Zielvorstellung wird mit Näherungen robust angesteuert und alles offensichtlich Unstimmige ausgeblendet. So erbringen die „Lösungen“ für Feldstärken komplexe Zahlenwerte mit Real- und Imaginärteil (!). Diese physikalische Unmöglichkeit wird genauso robust „übersprungen“ wie eine seriöse Betrachtung der Phasenverhältnisse ausbleibt.

Eine detaillierte Darstellung zu der Problemstellung „Stromverdrängung“ enthalten die **Abschnitte 2 - 5** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ . Wie sich diese Darstellung von dem in KÜPFMÜLLER, KARL / KOHN, GERHARD: „**Theoretische Elektrotechnik und Elektronik**“ unter „**Stromverdrängung im zylindrischen Leiter**“ Ausgeführten unterscheidet, ist in **Abschnitt 5.4.5** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ festgehalten und eine vertiefte Betrachtung hierzu enthält **Abschnitt 4** im zugehörigen **Anhang**.

1.3.1 Innere Induktivität

Aus einer fehlerhaften Theorie zur Stromverdrängung ergeben sich natürlich auch keine brauchbaren Schlussfolgerungen, wie sich bei der Problemstellung der inneren Induktivität zeigt. Das übliche Vorgehen in der wissenschaftlichen Literatur analysierend, ist zunächst zu kritisieren, dass dabei stillschweigend der Fall des niedrigen Frequenzbereichs (typisch: Industriefrequenzen) und entsprechend große Werte der Eindringtiefe (z.B. 1-2 km) unterstellt werden, ohne diese Annahme klar herauszustellen. Wenn man diese Voraussetzung vor Augen hat, zeugt es aber trotzdem von einer gewissen Robustheit des Vorgehens, bei der (versuchten) Ableitung zur inneren Induktivität von der Charakteristik eines lupenreinen Gleichstroms auszugehen, das konstituierende Element innerer Induktivität ignorierend, nämlich Stromverdrängung unter dem Einfluss eines magnetischen Wechselfeldes. Das magnetische Wechselfeld schließt aber eine einheitliche Stromdichte wie bei einem Gleichstrom aus. Wie dann aber weiterhin dieser angenommene „Gleichstrom“ in differentielle Kreisringe zerlegt wird, der umschlingende magnetische Fluss ermittelt, daraus differentielle Teilinduktivitäten bestimmt werden, die dann anschließend unter Gewichtung nach dem auf den Kreisring treffenden Anteil am Gesamtstrom integriert werden, spricht folgerichtiger Ableitung Hohn! Dieses Vorgehen enthält einen ganzen Cocktail von Verstößen gegen korrekte Theorie:

- Falscher „Gleichstrom“-Ansatz
- Addition von Teilinduktivitäten (In Wirklichkeit ist jeder einzelne Stromfaden auf individuelle Art mit allen übrigen Stromfäden verkoppelt, was nur durch exakte Differentialgleichung samt Lösung korrekt abzubilden ist.)
- Die Zusammenfassung der Teilinduktivitäten unter Gewichtung nach dem Stromanteil entspricht einem missglückten Additionsversuch parallel anliegender Spannungen, eine Karikatur auf KIRCHHOFFS Gesetz.

Mit dieser willkürlichen Methode, die wie eine Erbkrankheit von Generation zu Generation weitergereicht wird, gelangt man schließlich zu einem Wert der inneren Induktivität, der genau die Hälfte des korrekten Wertes (auf die Länge bezogen: $\frac{\mu_0}{4\pi}$) ausmacht, wie er unter **Abschnitt 5.2.2** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ mit seiner Ableitung dargestellt ist.

1.4 Elektromagnetische Einheiten

Die elektromagnetischen Basiseinheiten von Ampere (A) und Volt (V) im *Système International d'Unités* haben bekanntlich eine definierte Nahtstelle zu den SI-Basiseinheiten von Meter (m), Kilogramm (kg) und Sekunde (s).

$$1A \cdot 1V = 1W = 1 \frac{kg \ m^3}{m \ s^3}$$

Aber über diese Nahtstelle hinaus existiert für diese elektromagnetischen Basiseinheiten je eine physikalisch wohl begründete, also nicht willkürlich definierte Einheit, die aus den SI-Einheiten von Meter (m), Kilogramm (kg) und Sekunde (s) gebildet wird. Der entscheidende Unterschied zu dem sogenannten absoluten elektromagnetischen beziehungsweise elektrostatischen C G S-System geht aus nachstehender Tabelle hervor.

Größe	SI-Einheit im Système International d'Unités	Abgeleiteter Wert, gebildet aus den SI-Basiseinheiten $m \ kg \ s$	Entsprechender Wert im elektromagnetischen C G S - System	Entsprechender Wert im elektrostatischen C G S - System
Strom	Ampere		$10^{-1} cm^{\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{2}} s^{-1}$	$3 \cdot 10^9 cm^{\frac{3}{2}} g^{\frac{1}{2}} s^{-2}$
I	1A	$= \sqrt{4\pi} 10^{-3,5} \sqrt{\frac{kg \ m}{m \ s}}$	$10^{-3,5} \sqrt{\frac{kg \ m}{m \ s}}$	$3 \cdot 10^{4,5} \sqrt{\frac{kg \ m^2}{m \ s^2}}$
Spannung	Volt		$10^8 cm^{\frac{3}{2}} g^{\frac{1}{2}} s^{-2}$	$\frac{1}{300} cm^{\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{2}} s^{-1}$
U	1V	$= \frac{1}{\sqrt{4\pi}} 10^{3,5} \sqrt{\frac{kg \ m^2}{m \ s^2}}$	$10^{3,5} \sqrt{\frac{kg \ m^2}{m \ s^2}}$	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-4,5} \sqrt{\frac{kg \ m}{m \ s}}$

Tabelle 1: Korrespondenz der Einheiten

Diese veralteten C G S-Systeme sind formalistische Umrechnungsmethoden, verzerren dabei aber die physikalische Realität. Das heißt aber nicht, dass eine korrekte Umrechnung nicht darstellbar und sinnvoll wäre (siehe grüne Kennzeichnung in der Tabelle). Die wesentliche Zusammenhänge sind nachfolgend beleuchtet.

Die Äquivalenz von Masse und Energie mit

$$E = mc^2$$

bildet sich zwingend auch im Lichtstrahl ab, und zwar bezogen auf die Längeneinheit l :

$$\frac{E}{l} = \frac{m}{l} c^2$$

mit dem Strom I und der Spannung U :

$$I = \sqrt{\frac{E}{l}},$$

$$U = \sqrt{\frac{E}{l}} Z_c.$$

Der Wellenwiderstand Z_c für den Lichtstrahl ist identisch mit dessen Ausbreitungsgeschwindigkeit c . Nach der Beziehung

$$Z_c = \sqrt{\frac{\mu_c}{\epsilon_c}} = c$$

ergibt sich schließlich das Wertepaar für magnetische und elektrische Feldkonstante

$$\begin{aligned}\mu_c &= 1, \\ \epsilon_c &= \frac{1}{c^2}.\end{aligned}$$

μ_c (Index c mit Bezug auf die Lichtgeschwindigkeit) ist dabei nicht als willkürliche Vorgabe für ein System von Einheiten anzusehen, sondern ein physikalisch begründetes Merkmal der Verknüpfung von mechanischen und elektrischen Größen. Genauso zwingend ist das Ergebnis für ϵ_c .

Eine Folge vorstehender Gesetzmäßigkeit ist, dass die mit Ampere und Volt korrespondierenden Werte im elektromagnetischen C G S - Systems nicht frei definierbar sind, sondern konkreter Umrechnung bedürfen. So bedarf sowohl der dem Ampere gegenüberstehende Zahlenwert von 10^{-1} im elektromagnetischen C G S - System der Korrektur mit dem multiplikativen Faktor

$$k = \sqrt{4\pi},$$

wie auch der dem Volt gegenüberstehende Zahlenwert von 10^8 der Korrektur mit dem multiplikativen Faktor

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}.$$

Einzelheiten ergeben sich aus **Abschnitt 6.3 und 6.11** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ .

1.4.1 Feinstrukturkonstante

Über die Bedeutung der mysteriösen **Sommerfeldschen Feinstrukturkonstante** α zerbrechen sich theoretische Physiker bis heute den Kopf (siehe auch [1]). Die **Feinstrukturkonstante** ist mit der Elementarladung e , dem Planckschen Wirkungsquantum h , der Lichtgeschwindigkeit c und der elektrischen Feldkonstante ϵ_0 wie folgt verknüpft:

$$\alpha = \frac{1}{c\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{2h}$$

Ersetzt man in dieser Formel den rein definitorischen Wert ϵ_0 der elektrischen Feldkonstante, wie nach Vorstehendem geboten, durch:

$$\epsilon_0 \rightarrow \epsilon_c = \frac{1}{c^2} \quad \text{und} \quad e[As] \rightarrow Q_e[\sqrt{kg \cdot m}] = e[As] \cdot \sqrt{4\pi} \cdot 10^{-3,5}[\sqrt{kg \cdot m}]$$

errechnet sich der zur Unterscheidung mit Index c gekennzeichnete Wert von α zu:

$$\alpha_c = c \cdot \frac{Q_e^2}{2h}$$

Der (bisher als genauester betrachtete) Zahlenwert für den Kehrwert von α beträgt:

$$\frac{1}{\alpha} = 137,035\,999\,046 \quad (27)$$

Der auf $e = 1,602\,177\,33 \cdot 10^{-19} As$ fussende Zahlenwert für den Kehrwert von α_c beträgt:

$$\frac{1}{\alpha_c} = 137,035\,990\,745 \dots$$

Die Interpretation der (geringen) Abweichung soll den grübelnden Physikern überlassen sein.

¹<https://de.wikipedia.org/wiki/Feinstrukturkonstante>

1.5 Elektronendrift - Theorie abgedriftet

Die Einheit Ampère des elektrischen Stromes ist nur von pauschaler Natur. Im Sinne einer Analyse setzt sich der elektrische Strom I wie folgt aus Masse $m[kg]$, Weg $l[m]$ und Geschwindigkeit $v[m/s]$ zusammen:

$$I = \sqrt{\frac{m}{l}} \cdot v.$$

Dies ist in **Abschnitt 6** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ dargestellt; In **Abschnitt 7** ist außerdem das Bildungsgesetz der Elementarladung Q_e (Symbol Q_e für das üblicherweise verwendete Symbol e):

$$Q_e = \sqrt{m_q \cdot \lambda_C}.$$

mit

- m_q = Ladungs-Feinmasse des Elektrons und
- λ_C = Compton-Wellenlänge des Elektrons.

Betrachtet man nach dieser Einleitung die Elektronendrift in einem Leiter, gilt für n Ladungsträger:

$$\sqrt{n} \cdot Q_e = \sqrt{n \cdot m_q \cdot \lambda_C},$$

weil sich nicht etwa die Ladungen Q_e addieren, sondern die Ladungs-Feinmassen m_q der Ladungsträger.

n Elektronen entsprechen also \sqrt{n} Elementarladungen.

Dieser Effekt hat seine Ursache darin, dass Elektronen in einer Leitung oder auch in einer Kapazität immer unter Spannung stehen, also elektrische Energie repräsentieren (vergleichbar elastischer Energie in der Mechanik). Deshalb darf die Interaktion der Ladungsträger nicht vernachlässigt werden, und das bloße Aufaddieren der Zahl der Ladungen wie bei Zwetschgen in einem Korb führt in die Irre.

Deshalb verfehlt die in der wissenschaftlichen Literatur anzutreffende Vorgehensweise, bei der die Ladungsträger im Leiter wie Wassermoleküle in einer Wasserleitung zusammengefasst (also schlicht: addiert) werden, die physikalische Gesetzmäßigkeit und führt zu krass falschen Ergebnissen. Diesen Zusammenhang erkennt man auch schlaglichtartig an der bekannten Formel für den Energieinhalt W des in einer Kapazität C gespeicherten elektrischen Feldes (hier beispielhaft des elektrischen Feldes eines Elektrons):

$$W = \frac{Q_e^2}{2C}.$$

Würden sich die Ladungen Q_e zweier Elektronen nämlich addieren, würden sie zusammen nicht die doppelte, sondern eine vierfache Energie repräsentieren, offensichtlich sinnwidrig! Alle Einzelheiten zu diesem Problemkreis sind in **Abschnitt 7** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ dargestellt.

1.6 Induktionswirkung einer Wechselstromeinfachleitung

Wie beispielhaft aus der Niederschrift zum 13. Symposium Energieinnovation, 12.-14.2.2014, Graz/Austria [2] hervorgeht, sind POLLACZEKS grundlegende Arbeiten zur Induktionswirkung einer Wechselstromeinfachleitung [2] und [3] noch immer das Fundament einschlägiger nationaler und internationaler Normung.

POLLACZEK hat sich der Problemlösung mit Näherungspolynomen bedient. Komplizierte Näherungslösungen wie die von POLLACZEK für das oben angesprochene Problem gewählte 3-teilige Form weisen aber spezifische Schwachstellen auf. Die in 3 getrennte Formeln für Nahbereich, mittleren Bereich und Fernbereich gegliederte Näherung bietet zwar eine natürliche Überprüfungsmöglichkeit, die sich aus den Überlappungsbereichen zwischen den 3 Bereichen (Nah-/mittlerer Bereich, mittlerer/Fern-Bereich) ergeben. Und damit hat man schon einen ersten Einblick, wo es hakt. Aber eine gründliche Kurvendiskussion einschließlich Fehlerbetrachtung ergibt sich nur durch Vergleich mit einer exakten Problemlösung, wie sie in **Abschnitt 10 und 11** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ dargestellt ist. Im Vergleich mit der exakten Problemlösung fällt zunächst auf, dass dem von POLLACZEK gewählten Konstrukt der „komplexen Gegeninduktivität“ für die realen Phasenverhältnisse zwischen verkoppelten Leitungen keine Aussagekraft zukommt. Deshalb wohl unterbleibt bei POLLACZEK eine gründliche Diskussion der Phasenverhältnisse. Lediglich der bei POLLACZEK in [3] sogenannte (äußere) Selbstinduktionskoeffizient ist nach Realteil und Imaginärteil dargestellt, weicht freilich von der Realität stark ab für höhere Frequenzen. Allein die Absolutwerte der Gegeninduktivität stehen im Focus der Betrachtung sowie der darauf aufbauenden Normung. Wie weit diese Absolutwerte der Gegeninduktivität nach POLLACZEK mit den exakt ermittelten Werten nach **Abschnitt 10 und 11** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ übereinstimmen, geht aus nachfolgender Abbildung ?? hervor.

$M_{g,0}$ und $M_{g,1}$ stehen für die Gegeninduktivität nach **Abschnitt 10 und 11** von „**Elektromagnetismus als Phänomen strömender Feinmasse**“ .

Index 0 steht für $H = 0m$ vertikalem Abstand der beeinflussten Leitung zur Erdoberfläche (Standort der beeinflussenden Leitung).

Index 1 steht für $H = 50m$ vertikalem Abstand.

$P_{g,0}$ und $P_{g,1}$ gelten analog für die Werte nach POLLACZEK.

$\Delta M = \frac{P-M}{M} \cdot 100$ ist die Abweichung in %.

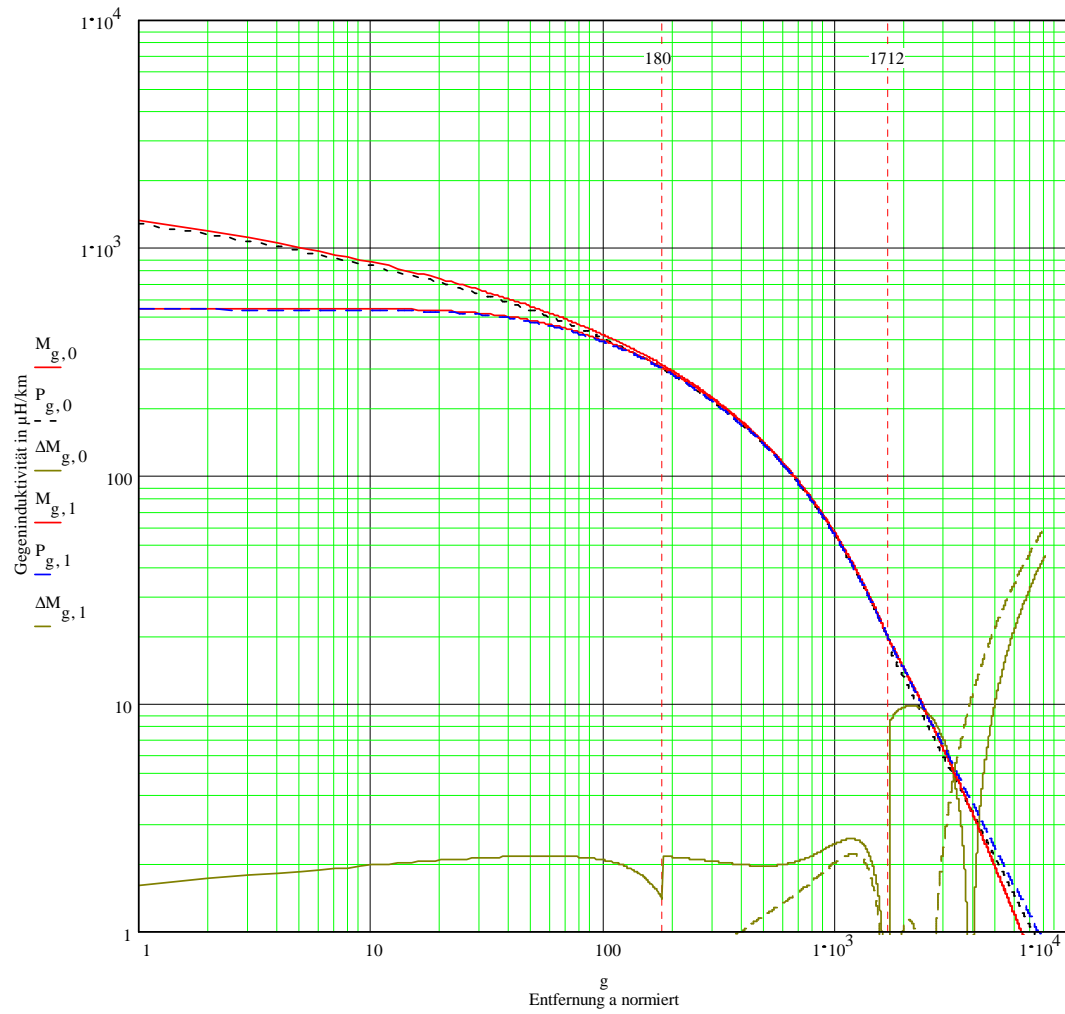
Gute Übereinstimmung der Werte ergibt sich für die Bereich zwischen $g = 1m$ und $g = 1712m$ (Nahbereich und mittlerer Bereich). Die Formel für den Fernbereich nach POLLACZEK weist dagegen erhebliche Fehler auf. Sie hat keine befriedigende Überlappung mit dem mittleren Bereich und läuft zwischen einer beeinflussten Leitung mit $H = 50m$ vertikalem Abstand im Vergleich zu einer Leitung mit $H = 0m$ vertikalem Abstand völlig irregulär auseinander. Allgemein wachsen die prozentualen Fehler mit der horizontalen Entfernung stark an.

Literaturhinweise

[2] F.POLLACZEK: „Über das Feld einer unendlich langen wechselstromdurchflossenen Einfachleitung“, in Elektrische Nachrichtentechnik, Heftnr.: 9, Band 3, 339 - 359, 1926

[3] F.POLLACZEK: „Über die Induktionswirkung einer Wechselstromeinfachleitung“, in Elektrische Nachrichtentechnik, Heftnr.: 1, Band 4, 18-30, 1927

²https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Events/Eninnov2014/files/lf/LF_Raunig_Bestimmung.pdf



$$g := \frac{a}{m} \cdot \sqrt{\frac{f \cdot \Omega m}{\text{Hz} \cdot \rho}}$$

Abbildung 1: Vergleich Gegeninduktivität $M(P)$