

Entwicklungen und Aufgaben in der Hochspannungstechnik

K. Feser, Universität Stuttgart

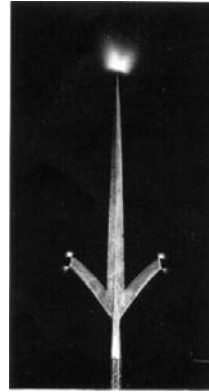
- Evolution
- Trends und Aufgaben
- aktuelle Entwicklungen
 - neue Isolierstoffsysteme
 - Modellierung komplexer Systeme
 - Prüf- und Messtechnik
 - Monitoring und Diagnose

Evolution in der Hochspannungstechnik

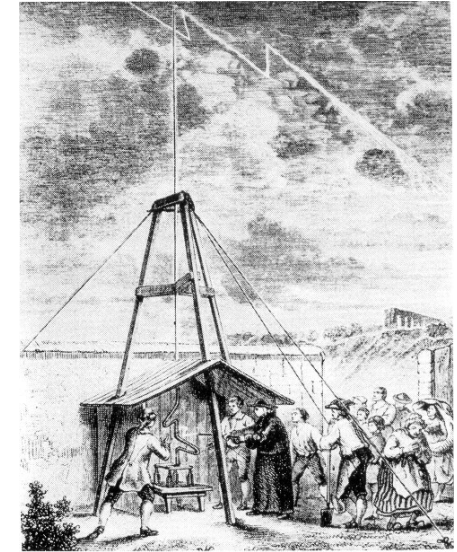
Zeit



durch Beobachten



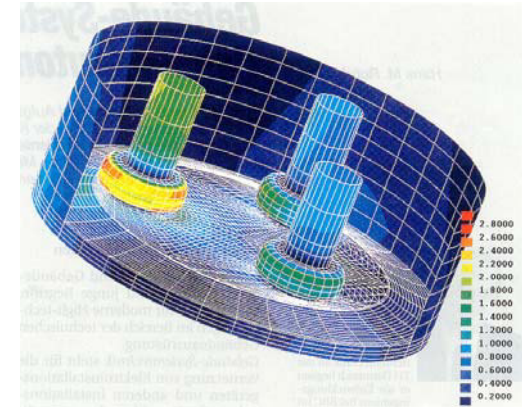
durch Experimente



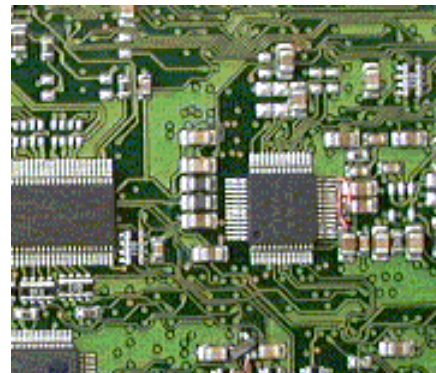
durch analytische
Lösungen

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \vec{E} &= -\dot{\vec{B}} \\ \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{j} + \epsilon \cdot \dot{\vec{E}}\end{aligned}$$

durch numerische
Lösungen



durch Datenauswertung



Anwendungen von hohen Spannungen

- in der Energieübertragung
- in der physikalischen Grundlagenforschung
- in Industrie- und Gebrauchsgütern
- in industriellen Prozessen
- in militärischen Geräten und Anlagen
- in medizinischen Geräten

Aufgaben in der Hochspannungstechnik

- Elektrische, thermische, mechanische und chemische Festigkeit von Isolierstoffen
 - Gase, Vakuum, Flüssigkeiten, feste Isolierstoffe
 - freiluftbeständige Isolierungen, Isolierstoffsysteme
- Entwurf der Isolierung für Betriebsmittel
 - elektrische bzw. magnetische Feldberechnungen
 - Materialuntersuchungen
- Überspannungen, Blitze, HEMP
 - Ausbreitung von Wanderwellen, Spannungsverteilung in Apparaten
 - Isolationskoordination, Schutzgeräte, Schaltvorgänge
 - Erdung, EMV, Spannungsqualität
- Prüf- und Messtechnik
 - im Labor, Vor Ort, IEC-Vorschriften, Qualitätssicherung
- Diagnose von Betriebsmitteln
 - Zustandserfassung, Zustandsbewertung, Asset-Management (Entscheidung)

Trends in der Energieversorgung

Deregulierung

- mehr Wettbewerb, freie Wahl des Energieversorgers
- dezentrale Energieerzeugung (Solar, Wind, Biomasse ...)
- Trennung von Erzeugung, Übertragung und Verteilung
- Entscheidungen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten (und Umweltaspekten)
- weniger Investitionen der EVU's
- weniger technisches Know-how bei den EVU's, Outsourcing der Instandhaltung

→ **Bedeutet die Notwendigkeit für eine Zustandserfassung und Zustandsdiagnose von Betriebsmitteln und Systemen für eine effektive Instandhaltungsstrategie und ein wirtschaftliches Asset-Management**

Trends in der Energieversorgung

Warum Hochspannung ?

- Energieerzeugung und Energieübertragung in großen Leistungseinheiten wird bleiben (Stabilität, Reservehaltung, Wirtschaftlichkeit, Unabhängigkeit, ...)
- dezentrale Energieversorgung wird zunehmen (Solar, Wind, Biomasse,...)
- Energieverteilung wird sich ändern (mehr Informationstechnik, Automaten, Gleichspannungsverteilung, virtuelle Kraftwerke, elektronische Schalter ...)
- Energieübertragung mit < 1200 kV Wechselspannung und < 800 kV Gleichspannung wird bleiben, Zunahme von FACTS und HGÜ
- kompaktere Betriebsmittel und einfachere Systeme (Schutzsysteme (GPS), Isoliermaterial mit Spannungsbegrenzung, Strombegrenzer, Supraleiter, ...)

Eigenschaften einer zukünftigen Energieversorgung:

- ***sauber und nachhaltig***, mit geringen Umweltbelastungen
- ***ausreichend***, um die Lebensqualität zu erhalten
- ***wirtschaftlich***, so dass sich alle Menschen elektrische Energie leisten können
- ***maßgeschneidert***, so dass Zuverlässigkeit und Qualität den Verbraucherwünschen entsprechen
- ***einfach***, so dass aussagefähige Kriterien bestehen und große Systeme zuverlässig betrieben werden
- ***effizient***, im Verbrauch und der Versorgung mit Strom
- ***flexibel und regelbar***, um schnell und sicher die Energieflüsse zu steuern

→ ***Aufgaben für den Energietechniker***

Werkzeuge des Hochspannungstechnikers für den weiteren Fortschritt

- Elektrische und magnetische Feldtheorie, numerische Feldberechnungsprogramme, Systemtheorie, digitale Signalverarbeitung, ...
- Materialforschung (Isolierung, Leiter, Konstruktionen, Supraleitung, ...)
- Leistungselektronik (SiC, GS/GS-Umrichter, ...)
- Informationstechnik (Nanoelektronik, Optoelektronik, ...)
- Computertechnologien (Internet, ...)
- Vorschriften (IEC, EN, ISO, ...)

Aktuelle Entwicklungen

- **Neue Isolierstoffsysteme**

(Ersatz von SF₆, Ersatz von Öl/Papier, Kunststoffe für Freilufteinsatz, Lebensdauer bei Mehrfachbeanspruchung (Multi-stress), Isolierstoffsysteme mit Spannungsbegrenzung, ...)

- **Neue Materialien für Leiter und Gehäuse**

(umweltfreundlich, geringe Verluste, ...)

- **Technologien**

(komplette, modulare Konstruktionen; vorgefertigte austauschbare Einheiten; geringe Umwelteinflüsse, ...)

- **Modellierung und Simulation komplexer Systeme**

(Transformator direkt mit GIS verbunden, Modellierung von Blitzentladungen, ...)

Aktuelle Entwicklungen bei den bestehenden und zukünftigen HS-Prüf- und Messvorschriften (IEC TC 42)

- ***Revision der IEC-Publikation 60060-1/2***
„High Voltage Test Techniques“
(Feuchtekorrekturfaktoren für Mittelspannungsanwendungen, Definition der Blitz- und Schaltstoßspannung, Auswertung der Blitzstoßspannung bei Oszillationen im Scheitel → k-Faktor, ...)
- ***Anforderungen für Vor Ort-Prüfungen***
(IEC 60060-3, CDV 2004)
(größere Toleranzen und Messunsicherheiten, zusätzliche Spannungsformen für diagnostische Messungen)
- ***NWIP „High Current Test Techniques“, 2004***
(Wechselströme, Stoßströme, Blitzströme, ...)
- ***Nichtkonventionelle TE-Messtechnik***
(UHF, akustisch, ...)

Zukünftige Vorschriften (in Diskussion)

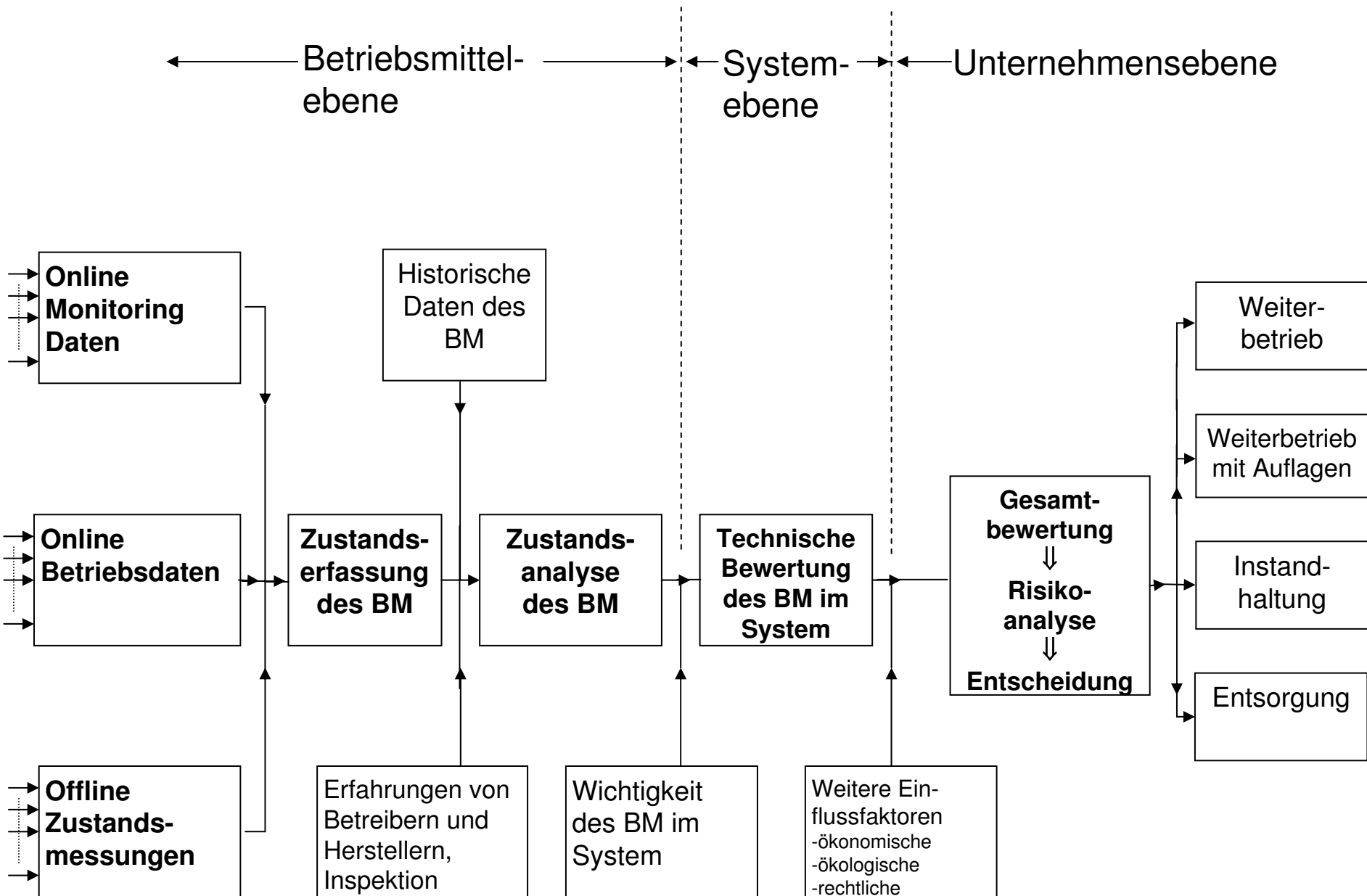
NWIP: Nichtkonventionelle TE-Messtechnik

- **UHF-TE-Messtechnik**
 - Empfindlichkeitsnachweis (CIGRE-Vorschlag)
 - angewendet bei GIS, Transformatoren
 - Ortung
- **Akustische TE-Messtechnik**
 - Empfindlichkeitsnachweis
 - angewendet bei GIS, Transformatoren, Endverschlüsse
 - speziell für Ortung geeignet
- **TE-Messtechnik Vor Ort**
 - Eliminierung von Störungen bei IEC 60270
 - UHF-TE-Messtechnik
 - Akustische TE-Messtechnik
 - VHF-TE-Messtechnik (breitbandig/schmalbandig)
- **TE-Messung bei Impulsspannungen**
 - WG zusammen mit TC 98

Aktuelle Entwicklungen in der Diagnose von Hochspannungsgeräten

Warum Diagnose?

- **Asset-Management**
 - Ermittlung des Zustands von Betriebsmitteln, mehr Informationen über BM
 - Betriebsmittel sind ein wesentlicher Teil des betrieblichen Vermögens
 - Entscheidungen auf der Basis von Kenntnissen über die BM
 - nachhaltiger Gebrauch von Ressourcen
 - ***geplante Unterbrechung im Vergleich zu Fehlern im Betrieb***
 - gealterte Betriebsmittel → steigende Fehlerrate
 - hohe Kosten für Fehler im Betrieb
 - lange Reparaturzeiten, Nichtverfügbarkeit von BM
 - weniger katastrophale Fehler
 - ***optimierte Energielieferungen und optimaler Kundenservice***
 - Reduzierung von Betriebskosten, geringere Verluste
 - Zuverlässigkeit des Betriebs, Lebensdauer von BM
 - Fehlerstatistik, Verteilung der Fehler
- ***resultiert in einer höheren Wirtschaftlichkeit.***
***Zustandserkennung (Monitoring) und Diagnose von Hochspannungs-
betriebsmitteln ist ein integraler Teil des Asset-Managements***



Schlussfolgerung:

Es ist nicht wichtig, die Zukunft vorherzusagen, es ist wichtig, sich für die Zukunft vorzubereiten