

7560770

H. BERTELE / H. HOCHRAINER /  
R. PATZELT / P. TILL

# Einführung in die elektrischen Impulstechniken

Mit 99 Abbildungen

**Impulstechniken**  
Herausgegeben von H. BERTELE  
Band 1

R. OLDENBOURG WIEN MÜNCHEN



Einführung in die  
ELEKTRISCHEN IMPULSTECHNIKEN

# IMPULSTECHNIKEN

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachleute  
herausgegeben von

**HANS BERTELE**

v. TN78  
Bl

7560770

Einführung in die elektrischen  
impulstechniken.

R. OLDENBOURG VERLAG WIEN MÜNCHEN

TN 78  
B1

7560770

# Einführung in die elektrischen Impulstechniken

VON

HANS BERTELE

HEINRICH HOCHRAINER

RUPERT PATZELT UND PETER TILL



E7560770



R. OLDENBOURG VERLAG WIEN MÜNCHEN 1974

Mitarbeiter dieses Bandes:

Hans Bertele, em. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Vorstand des Institutes für Industrielle Elektronik an der Technischen Hochschule in Wien

Heinrich Hochrainer, Dipl.-Ing. Dr. techn.

a. o. Prof. an der Technischen Hochschule in Wien, Direktor der Danubia Wien

Rupert Patzelt, o. Prof., Dr. phil.

Vorstand des Instituts für elektrotechnische Meßtechnik an der Technischen Hochschule in Wien

Peter Till, Dipl.-Ing. Dr. techn.

Institut für Industrielle Elektronik an der Technischen Hochschule in Wien

© 1974 R. Oldenbourg K. G., Wien

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege sowie der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Werden mit schriftlicher Einwilligung des Verlags einzelne Vervielfältigungsstücke für gewerbliche Zwecke hergestellt, ist an den Verlag die gesetzlich zu zahlende Vergütung zu entrichten, über deren Höhe der Verlag Auskunft gibt.

Zeichnungen: Peter Fröhling, Wien

Druck: H. Hießberger, 2563 Pottenstein

ISBN 3-7029-0061-6 R. Oldenbourg, Wien

ISBN 3-486-34271-1 R. Oldenbourg, München

## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	9
<i>Hans Bertele</i>	
1 <i>Zur Entstehung und Entwicklung sowie zum Einsatz von Impulstechniken</i> .....	13
1.1    Impulse als Grundlage automatischen Zählens .....	14
1.2    Impulse in der Informationstechnik .....	21
1.2.1    Impulstechnische Reminiszenzen aus der Geschichte der Telegraphie und Telephonie .....	22
1.2.2    Impulstechnische Anfänge des Fernsehens .....	28
1.2.3    Die drahtlose Distanzmessung mit Impulsen .....	29
1.2.4    Impulsverwendung in der digitalen Rechen- und Datenverarbeitung .....	35
1.3    Die impulstechnische Behandlung von stochastisch-ergodisch anfallenden Signalen .....	38
1.4    Steuern und Regeln mit elektrischen Impulsen .....	40
1.5    Leistungs-Impulstechnik .....	45
1.5.1    Impulskondensatoren und Kondensatorenstoßentladungen .....	45
1.5.2    Auf Kondensatorstoßentladungen beruhende Impulstechniken .....	47
1.5.3    Hochspannungs-Stoßprüfung des Materials für die elektrische Energie- übertragung .....	59
1.5.4    Hochstromimpulse für Kernfusionsversuche .....	61
1.5.5    Impulsgruppen und Impulsfolgen in der Stromrichtertechnik .....	64
1.6    Anhang I .....	73
1.7    Anhang II .....	74
1.8    Anhang III .....	75
1.9    Literaturverzeichnis .....	80
<i>Heinrich Hochrainer</i>	
2 <i>Grundlagen der elektrischen Impulstechnik</i> .....	85
2.1    Der Begriff des Impulses .....	85

2.2	Die mathematische Darstellung von Impulsen .....	88
2.2.1	Die Impulsreihe (Puls) .....	88
2.2.2	Der Einzelimpuls .....	93
2.3	Die Theorie der Übertragung von Impulsen .....	98
2.3.1	Die charakteristischen Eigenschaften eines Übertragungskanals .....	98
2.3.2	Berechnung der Impulsantwort für einen gegebenen Übertragungskanal ...	103
2.4	Die praktische Herstellung von Impulsen .....	107
2.4.1	Die Herstellung von Rechteckimpulsen .....	107
2.4.2	Die Erzeugung von Sägezahnimpulsen .....	121
2.5	Literaturverzeichnis .....	128

### *Rupert Patzelt*

3	<i>Messung elektrischer Impulse hoher Bandbreite und kleiner Amplitude ...</i>	129
3.1	Vorwort .....	129
3.2	Analog arbeitende Schaltungen .....	131
3.3	Analog-Digital-Konverter, Klassifizierende Schaltungen .....	132
3.4	Digital arbeitende Schaltungen .....	136
3.5	Digital-Analog-Konverter .....	138
3.6	Vielkanal-Analysatoren .....	140
3.6.1	ADC, Anwendung, Ausführungsformen .....	140
3.6.2	Ausführung und Anwendung der Rechenlogik .....	141
3.6.3	Sample-Analysis, gesteuertes Abtasten des Eingangssignales .....	142
3.6.4	Korrelations-Meßsysteme .....	143
3.7	Literaturverzeichnis .....	143

### *Peter Till*

4	<i>Messung elektrischer Impulse hoher Bandbreite und großer Amplitude ...</i>	145
4.1	Einleitung .....	145
4.2	Methoden zur Messung elektrischer Impulsströme hoher Amplitude und Bandbreite .....	147
4.2.1	Induktive Strommeßverfahren .....	149
4.2.2	Niederinduktive Meßwiderstände .....	153
4.2.3	Magneto-optische Strommeßverfahren .....	164
4.3	Methoden zur Messung von Impulsspannungen hoher Bandbreite .....	167
4.3.1	Konventionelle Impulsspannungsteiler .....	170
4.3.2	Impulsreflexions-Abschwächer .....	174
4.3.3	Elektro-optische Impulsspannungsmessmethoden .....	177

Inhaltsverzeichnis	7
4.4 Bestimmung der momentanen Leistung und Energie eines Impulses hoher Bandbreite	179
4.5 Methoden zur Aufzeichnung elektrischer Impulse hoher Bandbreite-Breitband-Impulsoszillographen	181
4.5.1 Grundlagen	181
4.5.2 Breitband-Impulsoszillographen zur Aufzeichnung einmaliger Vorgänge hoher Bandbreite	185
4.6 Literaturverzeichnis	195
Sachwortverzeichnis	205
Namenverzeichnis	207



## VORWORT

Im Verlauf der letzten Jahre kamen zum Herausgeber mehrere Bücher mit dem gleichen Titel *Impulstechnik* entweder zur Rezension oder zur Ansicht, deren Fundamente trotz gleichen Titels vielfach völlig verschieden gelagert waren; eines war vorzugsweise auf Radartechnik ausgerichtet, das nächste konzentrierte sich auf das Fernsehen, andere Bücher waren ausschließlich auf Hochstrom-Entladungen aus Kondensatoren spezialisiert, weitere konzentrierten sich auf die Regeltechnik oder den Computerbau und schließlich gab es einige abstrakt-schaltungstechnische Publikationen ohne spezifisch technischen Bezug. Daß eine Vielzahl<sup>1</sup> so verschieden ausgerichteter und aufeinander kaum bezugnehmender, jedes für sich interessante, Bücher unter dem gleichen Titel erscheinen konnte, schuf zunächst ein starkes Unbehagen und dann

---

<sup>1</sup> In Anhang I vom 1. Beitrag des Bandes 1 sind die wichtigsten, ab der Mitte der 50er Jahre in steigender Folge erschienenen, *Impulstechnik* betitelten Bücher mit kurzen Hinweisen auf die dort bevorzugt behandelten Gebiete zusammengestellt.

Ganz allgemein ist es vielleicht verwunderlich, daß die älteren elektrotechnischen Lehrbücher bis etwa Mitte des 20. Jahrhunderts sehr wenig über Impulse und deren Eigenschaften enthalten. Ursache ist, daß die Elektrotechniker schon früh im vorigen Jahrhundert einzelne impulstechnische Probleme untersucht und solche auch ausgenützt hatten, sich aber bis weit in das 20. Jahrhundert hinein bevorzugt auf mehr oder weniger kontinuierliche Erscheinungen konzentriert hatten. So war eine, die gesamte Elektrotechnik kennzeichnende Geisteshaltung entstanden, die stationären Erscheinungen als das Wesentliche anzusehen, nichtstationäre Vorgänge aber, wie z. B. transiente Übergangerscheinungen eher als Zusatzprobleme an den Rand zu stellen. Ein wirkliches Eingehen auf Impulsprobleme war somit auf einige wenige ihrer Zeit vorausschauende Persönlichkeiten beschränkt. So hat z. B. Lord Kelvin sich schon 1853/54 mit der Verzerrung beschäftigt, die die Signalimpulse bei Seekabeltelegraphie erfahren (vgl. Bild 1.8); C. P. Steinmetz [67] hat 1911 erstmalig auf den analogen Verlauf von Störimpulsen bei Hochspannungsleistungsübertragungen hingewiesen (vgl. Bild 1.23), etwas später haben dann Biermanns [17] und Rüdenberg [52] durch systematische Untersuchungen die Grundlagen für die verschiedenen impulsbedingten Ausgleichsvorgänge in elektrischen Maschinen und Netzen geschaffen.

Dem Wissen des Herausgebers nach ist das einzige, bisher einen Überblick über verschiedenartig gelagerten Arten von Impulstechnik versuchende Werk jenes von Winkel [80], dem ein auf der Technischen Universität Berlin 1953/54 abgehaltenen Vortragszyklus zugrunde liegt.

den Wunsch, die in der Wortwahl *Impulstechnik* verborgene gemeinsame Wurzel aufzufinden. Aus verschiedenen Gesprächen, zuerst im Kreis des Institutes, der sich bald zu einem breiteren Diskussionskreis entwickelte, ergab sich folgendes: Die Berechtigung, eine bestimmte Methodik oder Anwendung als *Impulstechnik* zu bezeichnen, sahen die einzelnen Autoren in der Verwendung von zeitlich meist kurzen Impulsen im primitiv geometrischen Sinn, im Gegensatz zu zeitlich ausgedehnten Gleich- oder periodischen Wechselwirkungen. Dabei haben sie den terminus technicus *Impulstechnik* verwendet ohne Rücksicht auf das Energieniveau, die Art der Erzeugung, oder gar die Verwendung, lauter Momente, die in den meisten Fällen gewaltig voneinander abweichen, lauter Faktoren, die letztlich das Nebeneinanderbestehen von in wichtigen Belangen unterschiedlichen *Impulstechniken* aufzeigen.

Gleichzeitig brachte der geschilderte Diskussionskreis aber auch andere, weit jenseits der eingangs genannten Gebiete liegende, interessante und wirtschaftlich bedeutungsvolle Impulstechniken, wie das Zählen von Atomzerfallstrahlungen, die digitalen Rechen- und Steuersysteme, die Fernwirktechnik u. a. m. in das Blickfeld. So ergab sich zwangsläufig die Überzeugung, daß eine zusammenfassende Darstellung dieser verschiedenen Impulstechniken von allgemeinem Interesse sein dürfte, weil die Entwicklungen der einzelnen Gebiete vielfach durch eine spezifisch unkonventionelle Vorgangsweise zustande gekommen waren.

Das Wissen darüber sollte bei der Behandlung und Lösung neuer Probleme von Nutzen sein und damit gegebenenfalls zu weiteren und eventuell auch nicht elektrisch orientierten neuen Impulstechniken führen, obwohl im derzeitigen Stand dieser Sammlung vorwiegend elektrische bzw. elektronische Impulstechniken betrachtet werden.

Die eben geschilderte eingehende Beschäftigung mit verschiedenen Impulstechniken ließ aber auch in dem Maß, als sie fortschritt, erkennen, wie stark die erfolgreiche Lösung von industriell-elektronischen und automationstechnischen Aufgaben auf dem richtigen Einsatz der verschiedenen Impulstechniken beruht. Somit ergab sich eine gründliche Behandlung der impulstechnischen Problematik auch als unmittelbare Notwendigkeit für das Institut für Industrielle Elektronik. Beispiele für solche industriell-elektronischer Impulsverwendungen sind: die vielfältigen technologischen Bearbeitungsverfahren mit Stoßimpulsen aus Kondensatoren oder die ganze Stromrichtertechnik moderner Prägung, die durch Kombination besonderer Impulsgruppen und Impulsfolgen nicht nur die Steuerantriebe der industriellen Elektronik, sondern vor allem die Entwicklung der modernen induktiven Elektrowärme ermöglichte; hierher gehören ferner alle die Steuer- und Regelsysteme auf digitaler Basis und zwar sowohl für die Stromrichter als auch jene für die gesamten industriell-elektronischen Aufgaben der Automation, die darüber hinaus sich die verschiedenen Impulsverwendungen der Informationstechnik zu Nutze macht, wie sie bei der mit Rechnern realisierten Prozeßführung komplizierter Verfahren unerlässlich sind.

Die Übersicht über die derzeit vorbereiteten Bände am Ende dieses Bandes läßt schon auf den ersten Blick erkennen, wie vielfältig die Anwendungen von Impulsen sind; trotzdem ist mit den bis jetzt behandelten Gebieten die wirkliche Weite der Impulstechniken keineswegs erschöpft. Die Gemeinschaft der Einzelberichtsautoren zusammen mit dem Herausgeber hat aber die Überzeugung, daß die in den Einzelkapiteln behandelten Impulstechniken den heutigen Stand derselben und die Weite des Gebietes einigermaßen richtig abzeichnen; die Unterteilung der monographischen Zusammenfassung auf mehrere Bände macht in der Zukunft jede Erweiterung durch Einbeziehung bisher in dieser Sammlung noch nicht behandelte, spezielle, schon vorhandene Impulstechniken oder auch neu sich entwickelnden Techniken leicht möglich. Gerade die Verschiedenheit gegenüber den herkömmlich dogmatischen Anschauungen, was technisch erlaubt sei oder nicht, ja in vielen Fällen sogar in ausgesprochener Antagonie dazu steht, hat zu den großen Erfolgen der meisten speziellen Impulstechniken geführt. Nachdem diese Situation einmal erkannt war, ergab es sich, als Leitmotiv für die einzelnen Darstellungen, gerade solche Besonderheiten der einzelnen Techniken in der Darstellung scharf herauszuarbeiten, um damit dem Leser, der in Neuland vorstoßen will. Mut zu machen, ähnlich vorurteilsfrei der Behandlung und Lösung seiner Probleme vorzugehen.

Selbstverständlich hat diese Einstellung es mit sich gebracht, daß reichlich Nachbargebiete, hinausgehend über die elektrischen, impulsliefernden Systeme und das Wirkungsbild derselben, mit den speziellen Problemen der Anwendung eingezogen werden mußten. Daß dabei weniger Platz für Ausführungs-Details und Varianten der elektronischen Seite blieb, wird hoffentlich nicht als störend empfunden werden, umso mehr, als in jedem Kapitel umfangreiche Literaturhinweise zum Verfolgen der Details in der modernen Fachliteratur angeführt sind.

Die Unterteilung des Gesamtvorhabens auf mehrere Bände wurde vom Verlag vorgeschlagen, als sich herausstellte, daß die einzelnen Manuskripte trotz aller Selbstbeschränkung situationsbedingt durchwegs länger waren, als ursprünglich vorgesehen; die geschlossene Wiedergabe in einem Band hätte viele an den Einzelgebieten Interessierte rein aus Kostengründen abgeschreckt. So hat der Verlag die Unterteilung des Gesamtwerkes in mehrere Einzelbände empfohlen, wobei für die Zuordnung in einem Band nicht historisch-chronologische Gesichtspunkte, sondern die didaktische oder funktionelle Verwandtschaft maßgebend sein sollte.

So ist nun die vorliegende Anordnung zustande gekommen. Im ersten Band sind die Probleme allgemeiner Bedeutung für alle Impulstechniken zusammengefaßt, nämlich die mathematischen und elektronischen Grundlagen, die auf große Bandbreiten ausgerichtete Meßtechnik, welche aber je nach den Höhen der erfassenden Amplituden grundsätzlich verschieden ausgebildet ist, und schließlich ein historischer Rückblick. Für grundsätzliche Entscheidungen zu neuen Entwicklungen sind nämlich Einblicke in die Genesis der schon in die Praxis eingeführten Techniken häufig außerordentlich wertvoll.

Die weiteren Bände aber sind völlig, einerseits den allgemeinen, gemeinsamen Grundlagen und Meßtechniken, andererseits der speziellen Problematik der einzelnen Impulstechniken gewidmet. Bei der Einzelbehandlung der verschiedenen Impulstechniken haben die Bearbeiter das Hauptgewicht auf eine Darstellung des aktuellen Standes gelegt, um so das Wesen, die Bedeutung und die Möglichkeiten der betreffenden Impulstechnik klar zu machen.

Ganz besondere Bedeutung haben neuerdings Impulsmethoden für verschiedene moderne physikalische Forschungen erhalten, die in das Gebiet der Grenzphysik fallen, wie die Lasertechnik, die vor allem auf die Untersuchung und Herstellung von Strahlen extrem kurzer Wellenlängen und entsprechender Korpuskeln ausgerichtete Hochenergiephysik, und vor allem die Kernverschmelzung (Fusion). Die diesbezüglichen Impulstechniken werden eingehend in Band 4 behandelt. Ob die Möglichkeit mit Impulsen Strukturen zu formen, wie z. B. geschlossene Plasmaringe (Plasmoide), die erstmals Alfven [2] in Stockholm analog wie Rauchringe hergestellt hat, praktische Bedeutung gewinnen wird, ist heute noch nicht zu erkennen.

Dem Herausgeber obliegt hier nur noch die angenehme Pflicht, allen den Mitarbeitern, die nach dem Inhaltsverzeichnis für die verschiedenen Kapitel tätig waren, für die so ersprießliche Zusammenarbeit, vor allem aber auch für die ihm selber aus ihren eigenen Erkenntnissen und Einblicken gebrachten Anregungen, besonders zu danken; ohne das große Interesse und die aufopfernde Mühe jedes einzelnen wäre die Vielfalt der Problematik unmöglich zur Erscheinung gekommen und nur eine sehr spezielle Betrachtung aus einem engen, der Materie nicht gerecht werdenden Blickwinkel möglich gewesen. Für besondere Hilfestellungen, die manchmal eine sehr beträchtliche, zusätzliche Beanspruchung zu den beruflichen Anforderungen darstellten, müssen aber vor allem folgende Persönlichkeiten genannt werden:

Dr.-Ing. P. Frügel, Impulstechnik, Hamburg; Prof. Dr.-Ing. F. W. Gundlach, TU Berlin; Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. Hölzler, Vorstandsmitglied der Siemens AG München; T. E. James, Entwicklungsleiter Hochenergiespeicher, U. K. A. E. A. (United Kingdom Atomic Energy Authority) Culham Lab.; Prof. Dr. phil. H. König, TH Wien; Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. G. Kraus, TH Wien; Prof. Dipl.-Ing. Dr. mult. H. Sequenz, TH Wien.

Weit hinausreichend über die schon durch seinen eigenen umfangreichen Beitrag erwachsene Arbeit aber hat mein Assistent P. Till so viel zusätzliche Arbeits- und Hilfeleistungen bei der Herausgabe auf sich genommen, daß ihm ein beträchtlicher Anteil am Zustandekommen dieser Arbeit zu verdanken ist.

Wien, Juli 1974

Hans Bertele

*Hans Bertele*

## 1. ZUR ENTSTEHUNG UND ENTWICKLUNG SOWIE ZUM EINSATZ VON IMPULSTECHNIKEN

Es gibt mehrere, sehr bedeutungsvolle Motivierungen, sich mit historischen Rückblicken über technische Entwicklungen zu befassen:

- I. Einblicke in die Genesis von Techniken, ausgehend von der Erfindungs-idee über verschiedene Versuchsphasen und Rückschläge bis zum praktischen Erfolg und breiten Einsatz sind von grundsätzlicher Bedeutung für die Einstellung zu Neuentwicklungen allgemein.
- II. Einschätzen, bzw. Würdigen des Standes unserer technischen Zivilisation ist nur bei Kenntnis ihrer Entstehung möglich; dazu sind Einblicke in möglichst viele Facetten derselben nötig.
- III. Vorurteilsfreie Rückblicke in das Entstehen und Werden zeigen, daß gerade bei wirtschaftlich oder strategisch wichtigen und den Zivilisationsstand bestimmenden Entwicklungen diese nicht immer das Ergebnis von logisch induktivem Vorgehen, sondern sehr häufig entweder als sehr zufällige oder gar als unerwartete Nebenprodukte anders gerichteter Bestrebungen zustandegekommen sind, Fakten, deren Berücksichtigung für eine objektive Einstellung von Neuentwicklungen nicht unterschätzt werden dürfen.
- IV. Die Erkenntnis, daß gleiche oder ähnliche Ideen häufig in verschiedenen Arbeitskreisen der Länder mehr oder weniger gleichzeitig entstehen, manchmal aber dann ganz andere Entwicklungen nehmen, ist für das Verstehen weiträumiger, kultureller und technischer Entwicklungen sehr wesentlich. Aus diesen Gründen sind im nachfolgenden jene Impulstechniken breiter behandelt worden, deren Entstehung nicht den einfach gradlinigen ungestörten Weg einer primitiven Schullogik gegangen sind. Gerade das Entstehen und Werden derselben ist in dieser Beziehung sehr aufschlußreich.

Daß in keinem Fall eine erschöpfende Beantwortung der Fragen: Wie, wann und wo ist es zu den verschiedenen Impulstechniken gekommen, möglich ist, wird niemand verwundern. Das Entstehen jeder einzelnen der heute so wichtig gewordenen Impulstechniken, ob es die Nachrichtentechnik, die Rechen-technik, die Impulsanwendungen der Physik betrifft, ist immer das Ergebnis von hunderten und häufig tausenden von Einzelarbeiten. Aus diesen wurden hier schließlich durch mehr oder weniger subjektive Auswahl anekdotische Kurzfassungen des Werdens der verschiedenen Impulstechniken zusammengestellt, wobei naturgemäß entscheidende erfolgreiche Schritte und Persönlichkeiten bevorzugt wurden. Obwohl dieses historische Einleitungskapitel nur ein fragmentarisches Bild vorstellt — entstanden aus dem Aufzeigen der

wichtigsten, bei Quellennachforschungen aufgefundenen Hinweise, Reminiscenzen und Literaturstellen — so wird es vielleicht gerade wegen dieser Kürze eine bessere Vorstellung über den wirklichen Entwicklungsgang der Praxis zu geben imstande sein, als eine jede Einzelheit berücksichtigende vollständige Darstellung.

Weitgehende Übereinstimmung der hier gebrachten historischen Entwicklungsgänge der wichtigsten Impulstechniken mit der Reihung des Inhaltsverzeichnisses ist angestrebt worden. An die Spitze gestellt ist wegen der allgemeinen Bedeutung für verschiedene Impulstechniken die Entwicklung des automatischen Zählens auf digitaler Basis — Abschnitt 1.1 —, weil dieses digitale Zählen die Basis für verschiedene Impulstechniken ist und hierauf vor allem die gesamte Strahlenmeßtechnik beruht, deren Ausführungen in der modernen Physik bis an die heutigen Grenzen führt.

Die Beiträge 1.2 „Grundlagen der elektrischen Impulstechnik“, 1.3 „Messung elektrischer Impulse hoher Bandbreite und kleiner Amplitude“, und 1.4 „Messung elektrischer Impulse hoher Bandbreite und großer Amplitude“ bringen in den entsprechenden Kapiteln des Bandes 1 die historischen Reminiscenzen zu solchen Schritten, die sich im Entwicklungsgang der betreffenden Gebiete der Technik als bemerkenswert eigenwillige Faktoren herausgestellt haben. Dabei gehen die Abschnitte 1.5.1 und 1.5.2 insofern weit über den titelmäßig entsprechenden Inhalt des Beitrags „Impulskondensatoren“ des Bandes 5 hinaus, als nämlich in den Abschnitten 1.5.1 und 1.5.2 nicht nur die Impulskondensatoren als technische Bauelemente, sondern auch jene in den letzten Jahren in stürmischer Ausbreitung befindlichen Techniken und Technologien behandelt werden, die auf Kondensator-Stoßentladungen beruhen. Auf diesem hochaktuellen Gebiet gibt es aber ausgezeichnete moderne Literatur [28], so daß keine unmittelbare Notwendigkeit bestand, hier ein eigenes Bändchen diesem Gebiet zu widmen.

Die Ausführungen dieses Kapitels zeigen somit für die Mehrzahl der in dieser Sammlung behandelten Impulstechniken den historischen Hintergrund auf, soweit ein solcher akzentuiert festgestellt werden konnte. Breit hingestreute Parallelentwicklungen, wie sie für die Steuer- und vor allem für die Meßtechnik kennzeichnend sind, haben sich dadurch von selber ausgeschlossen. Hier nicht besonders ausgeführt ist auch die Entstehungsgeschichte der in den letzten Jahren erst in das technische Blickfeld eingehenden Laser-Impulstechnik, da zumindest einige kennzeichnende Daten in dem den Impulslasern gewidmeten Beitrag 2 von Band 6 enthalten sind.

## 1.1 Impulse als Grundlage automatischen Zählens

Von allen Impulstechniken dürfte heute wohl die weitesttragende Auswirkung das Zählen elektrischer Impulse gezeitigt haben. Das Zählen von einzelnen, sehr kleinen Energieimpulsen ohne Rücksicht auf deren Charakter war der erste Schritt zur Entwicklung der Strahlenmeßtechnik<sup>1</sup> der gesamten Nuklearphysik und -Elektronik, die Erfassung des speziellen Charakters der einzelnen

Impulse nach Amplituden und zeitlichem Verlauf aber die weitere konsequente Entwicklung derselben.

Für den Kreis, der sich mit Kernphysik, Reaktortechnik oder Isotopenanalysen befaßt, ist die grundsätzliche Wichtigkeit des schnellen Erfassens der verschiedenen Strahlungen selbstverständlich. Viele andere wissenschaftliche und industrielle Gebiete haben aber auch von der so entstandenen Zähltechnik im Zusammenhang mit der Strahlenmeßtechnik Nutzen gezogen, wobei es sich bei letzterer in erster Linie um das *Messen sehr kleiner Amplituden bei hoher Bandbreite*<sup>2</sup> handelt. Parallel dazu, wie es andere impulstechnische Methoden verlangten, haben sich *Meßtechniken* für verschieden *große Amplituden und auch hoher Bandbreite* als notwendig herausgestellt. So erscheint es fast müßig, besonders zu betonen, daß die Gesamtheit der zu erfassenden Impulse nach Dauer und Intensität viele Größenordnungen überstreicht, so daß je nach den jeweiligen Verhältnissen sehr verschiedenartige Meßmethoden und Verfahren heute vorliegen.

Automatisches Zählen — bei kleinen Zählraten — wird vielfach als eine so triviale Aufgabe angesehen, daß man kaum den Grundfunktionen des automatischen Zählens viele Gedanken zuwendet. Trotzdem dürfte es vor dem Eingehen in die interessante Entstehungsgeschichte des elektronischen Zählens nicht fehl am Platze sein, kurz die Methodik des mechanischen Zählens zu betrachten, da dort bereits die später elektronisch-impulstechnisch zu erfüllenden Aufgaben mechanisch leicht übersichtlich zu verfolgen sind. Grundvorstellung des selbständigen Zählens ist, jedem zu erfassenden Ereignis einen Impuls zuzuordnen, der u. U. das Ereignis selbst sein mag, und dafür einen über die Impulsdauer hinaus dauernden Wert in einen Speicher einzuführen, so daß der Speicherinhalt mit dem gezählten Wert identisch wird. Impulsgeber und anzeigender Speicher sind daher die zwei Grundelemente des automatischen Zählens.

In Bild 1.1 a und b sind Beispiele für das mechanische Zählen mit Schrittschaltwerken gezeigt, wie sie bereits im frühen Mittelalter bei Kalenderuhren verwendet werden. In Bild 1.1 a ist das zu zählende Ereignis der einzelne Tag, der entsprechende Impulsgeber der Finger *F* und die grob gezähnten Elemente, deren Kalibrierung die Ablesung der Zählung ermöglichen, sind Speicher. In Bild 1.1 b handelt es sich um Stundenzählung, wobei die Konchoide *K* der Stundenzähler ist. Eine gefederte Klinke *H* ist das wichtige Element, das den Speicher bis zum nächsten Impuls festhält, um Fehlzählun-

<sup>1</sup> Es handelt sich dabei im Wesentlichen um das Erfassen atomarer, radioaktiver Vorgänge durch das Zählen der mit letzteren verbundenen Strahlungserscheinungen, die unter Umständen in außerordentlicher Häufigkeit (bis 10 Millionen/sec und noch häufiger) erfolgen. Impulshäufigkeit und Impulshöhe liefern die wichtigsten Analysengrundlagen für die atomphysikalischen Vorgänge.

<sup>2</sup> Die jeweils von einem Meßsystem gebotene Frequenz-Bandbreite ist für die mehr oder weniger gute Wiedergabe eines Signalimpulses entscheidend. Mit höheren Bandbreiten steigen die Schwierigkeiten bei der meßtechnischen Erfassung.

gen durch Störeinflüsse zu eliminieren. Das gezeigte Prinzip läßt sich un-  
schwer auf Dekadenzähler ausweiten, wozu einfach für jede Dekade ein  
eigener Speicher vorzusehen ist — meist eine Scheibe oder eine Trommel.

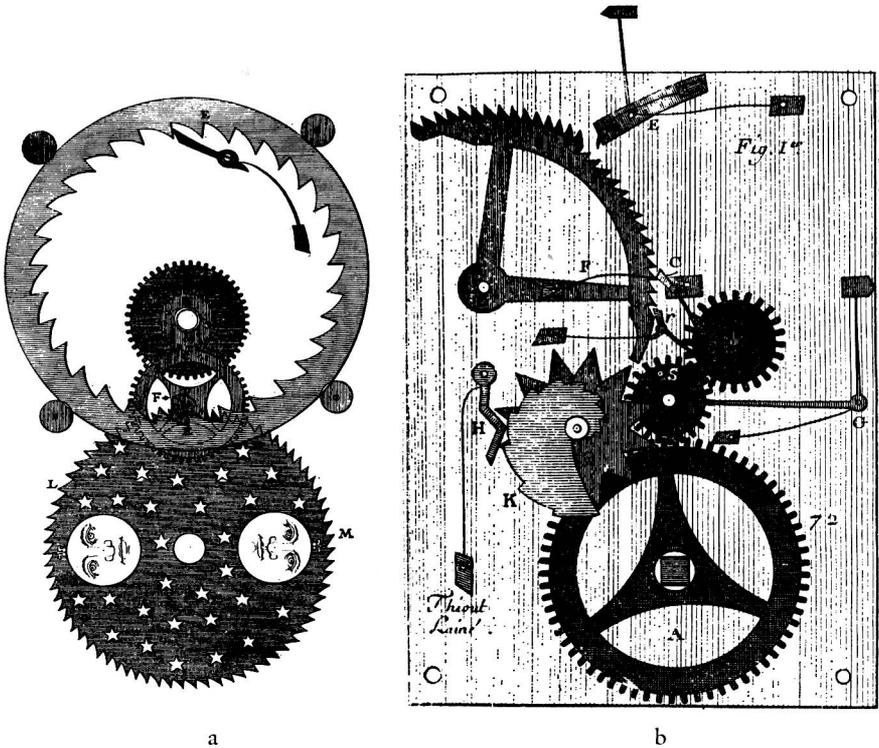


Bild 1.1: Zwei klassische mechanische Zähler mit Schrittschaltwerken, seit Jahr-  
hundertern bei Räderuhren verwendet.

a) Der Schöpfer *F* dreht sich einmal im Tage um  $360^\circ$  und schaltet damit gleichzeitig  
die Mondphasenscheibe *M* um  $1/59$  und den Datumring *E* um  $1/30$  weiter (Ausschnitt  
aus: Thiout, A.: Traite de l'Horlogerie. Tome second. Samson Paris 1767, Pl. 33).

b) Der Stift *S*, mit dem Minutenzeiger gekoppelt, läuft einmal je Stunde um und  
schaltet daher jedesmal die abgetrepte Konchoide *K* um eine Teilung weiter, damit  
wird der Fallweg des Schlagwerkes (nicht dargestellt), den einzelnen Stunden ent-  
sprechend, verschieden lang. Links die Sperre *H*, die Schwebepositionen zwischen den  
Umschaltungen verhindert. (Ausschnitt aus: Thiout, A.: Traite de l'Horlogerie. Tome  
second. Samson Paris 1767, Pl. 10).

5 bis max. 50 Zählungen pro Sekunde sind so mechanisch sicher zu erfassen;  
darüber nimmt die Zuverlässigkeit aber sehr rasch ab.

Breiteste Anwendung finden mechanische Impulzzähler bei den Telefon-  
gesprächszeitählern; dort läßt man Impulse im Gleichtakt auf gezahnte Spei-  
cherscheiben oder Trommeln mittels kleiner Elektromagnete einwirken,  
was solange wie das Telefongespräch dauert, so daß das Amt damit die Ge-