

Zu diesem Kalender

Elektronische Distanzmessgeräte bringen es mit sich, dass sich der Vermessungsingenieur mit einer Reihe physikalischer Begriffe konfrontiert sieht, die bisher nur dem Elektroniker geläufig waren. So möchte dieser Kalender einige dieser Begriffe in Wort und Bild vorstellen und die drei elektronischen Kern-Distanzmessgeräte in typischen Anwendungen zeigen. Die Grundlage der elektronischen Distanzmessung bildet die Beziehung

$$\lambda = \frac{c}{n \cdot f}$$

- λ Wellenlänge (in m)
- c Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum (in $m \cdot sec^{-1}$)
- n Brechungsindex elektromagnetischer Wellen im durchlaufenen Medium (dimensionslos)
- f Frequenz der Welle (in sec^{-1})

Die darin enthaltenen Masseinheiten, die Sekunde und der Meter, werden aufgrund physikalischer Forschung von der Generalkonferenz für Masse und Gewichte empfohlen und von den einzelnen Ländern als innerhalb ihres Hoheitsgebietes verbindlich erklärt. Damit werden Vergleiche von Massangaben erleichtert und durch hinreichende Genauigkeit der Definition die in der Physik unerlässliche Reproduzierbarkeit der Masseinheiten gesichert.

Die beiden einzigen, mit der elektronischen Distanzmessung verbundenen, zahlenmässig definierten Masseinheiten sind die Sekunde und der Meter. Daneben hängt die Arbeitsweise der elektronischen Distanzmessung mit einer Vielfalt von Begriffen zusammen, die alle entweder physikalisch streng definiert oder technisch genau, etwa in Form eines Bauelementes, abgegrenzt sind. Diese Begriffsvielfalt geht aus jeder kurzen Beschreibung der Funktion hervor.

Die im Vermessungswesen eingesetzten elektronischen Distanzmesser arbeiten nach dem *Phasenvergleichsverfahren*. Eine *elektromagnetische Welle* dient als Träger von *Signalen*, die sinngemäss als *Trägerwelle* bezeichnet wird. Nach der *Wellenlänge* der Trägerwelle lassen sich zwei Gruppen elektronischer Distanzmesser unterscheiden, die *Mikrowellengeräte* mit Wellenlängen zwischen wenigen Millimetern und wenigen Zentimetern sowie die *elektrooptischen Geräte* mit Wellenlängen von 0,3 bis 1 μm . Als *Generator der Trägerwellen* wird in Mikrowellengeräten ein *Klystron* und bei den elektrooptischen eine geeignete *Lichtquelle* verwendet. Als Signale werden Änderungen der *Amplitude* oder der *Frequenz* angesehen. Bei den Phasenvergleichsverfahren steuert ein Oszillator, dessen wesentlicher Bestandteil ein Schwingquarz ist, mit konstanter und auf einen

Sollwert eingestellten Frequenz einen *Modulator*, der Amplitude oder Frequenz der Trägerwelle periodisch ändert. Dadurch entsteht eine modulierte Welle, die sogenannte *Modulationswelle*. Die Länge der Modulationswelle ergibt sich aus der *Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Trägerwelle* und der Frequenz des Oszillators. Ein im elektronischen Distanzmesser eingebauter *Sender* strahlt eine möglichst hohe *Leistung* in Form der modulierten Trägerwelle nach einem im Zielpunkt aufgestellten *Reflektor* ab. Nach der *Reflexion* kehrt die modulierte Trägerwelle mit einem Teil der gesendeten Leistung in den *Empfänger* des Distanzmessers zurück. Aus der *Phasendifferenz* zwischen der gesendeten und der empfangenen Modulationswelle und der Modulationswellenlänge wird auf die Distanz zwischen Distanzmesser und Reflektor geschlossen. Die Phasendifferenz wird im *Phasenmessteil* des Distanzmessers bestimmt, der eine minimale empfangene Leistung, eine minimale *Signalstärke*, benötigt.

Sechs der für die elektrooptische Distanzmessung wichtigen Begriffe sind durch Symbole in Monatsbildern dargestellt. Die restlichen Monatsbilder zeigen mit einer Ausnahme elektronische Distanzmesser, vier davon Kern-Distanzmesser im Gebrauch und eines einen Prototyp des Mekometers. Die Ausnahme in der Reihe elektronischer Geräte bildet das Doppelbildtachymeter Kern DK-RT, das im Laufe der Jahre beinahe zum Symbol einer Aufnahmemethode, der Polaraufnahme, geworden ist. Die Doppelbildtachymetrie wird in Zukunft an Bedeutung verlieren, jedoch wegen der grossen Erfahrung mit dem Instrumentarium und der geringen Störungsanfälligkeit nicht verschwinden.

Titelbild:

Um die Länge des Eisenreifens für ein Holzrad zu bestimmen, setzt der Wagner eine einfache Messscheibe auf die Felge und fährt damit den Umfang des Rades ab. Dabei zählt er die ganzen Umdrehungen der Scheibe und markiert darauf die Stelle, bei welcher die Messscheibe die Ausgangslage wieder erreicht. Durch erneutes Abrollen der Messscheibe, diesmal auf dem als Reifen vorgesehenen Flacheisen, überträgt er den Umfang des Rades auf das Reifenmaterial. Auf diese Weise bestimmt der Handwerker unabhängig von Masseinheiten und ohne Rechenarbeit die Länge des Reifens.

Dieses Beispiel mag in Zusammenhang mit dem Inhalt dieses Kalenders auf die Entwicklung und Vielfalt der Messtechnik hinweisen.

Neuaufgabe 2014

Eine langjährige Tradition bei der Firma Kern & Co. AG war die Herausgabe eines Wandkalenders auf jeden Jahreswechsel. In schöner Regelmässigkeit zeigten die Monatsbilder typische Landschaften der Schweiz. Die schmucken Kalender wurden in verschiedenen Sprachen und in einer Gesamtauflage von mehreren Zehntausend Exemplaren weltweit versandt.

Im Jahr 1975 wurde diese Tradition gebrochen. Die Idee, in einem neu gestalteten Kalender dem Leser physikalische Begriffe aus dem damals neuen Bereich der Elektronischen Distanzmessung in Wort und Bild zu erläutern, wurde mit viel Aufwand umgesetzt. Die drei damals auf dem Markt befindlichen Kern-Distanzmesser DM2000, DM500 und Mekometer ME3000 wurden in typischen Anwendungen vorgestellt.

Dieser Kalender mit seinen informativen Texten und originellen Bildern dürfte auch heute noch auf Interesse stossen. Weil das Kalendarium zufälligerweise auch für das Jahr 2014 übereinstimmt, haben wir uns entschieden den Kalender neu aufzulegen.

Freuen Sie sich an diesem interessanten Dokument, dem Geschenk an unsere Kunden aus dem Jahr 1975 und für Sie zum 2014.

Arbeitsgruppe Studiensammlung Kern





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Die Zeiteinheit Sekunde

Die Messung der Lichtgeschwindigkeit erfordert die Definition einer Zeit- und einer Wegeinheit. Die Zeiteinheit ist die Sekunde.

Für die Zeit ist charakteristisch, dass sie sich nicht durch eine materielle Grösse, sondern nur durch einen periodischen Vorgang darstellen lässt. Die Genauigkeit der Zeitdefinition ist somit von der Genauigkeit des die Zeiteinheit definierenden periodischen Vorganges abhängig. Eine der wesentlichsten Aufgaben der Zeitmessung ist daher die Suche nach genauen periodischen Vorgängen.

Der Zeitbegriff im täglichen Leben ist verbunden mit dem Tageslauf der Sonne und dem Jahreslauf der Erde. Aus der Rotation der Erde um ihre Achse und eines Teils ihrer Bahn um die Sonne ergibt sich die Einheit Tag und aus der Rotation der Erde um die Sonne folgt die Einheit Jahr. Da diese Einheiten für das Empfinden zu gross sind, war man seit alters her bestrebt, den Tag als weitaus wichtigste Zeiteinheit durch periodische physikalische Vorgänge in die durch einfache Zahlenverhältnisse gegeneinander festgelegten Einheiten der Stunden, Minuten und Sekunden zu unterteilen. Dazu konstruierte man Uhren. Als funktionell grundlegende und bis ins 20. Jahrhundert genaueste Gruppe erwiesen sich die Pendeluhren mit der Schwingung eines physischen Pendels als periodischem Vorgang. Noch heute laufen in gewissen Kirchtürmen und Tortürmen Pendeluhren aus dem 16. Jahrhundert. Beispielsweise stammt die Uhr im Aarauer Oberturm aus dem Jahre 1532.

Mit Pendeluhren lässt sich ohne weiteres nachweisen, dass der tägliche Höchststand der Sonne in einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche kein genügend genau periodischer Vorgang ist, um die Zeitdauer eines ganzen Tages zu definieren. Mit Pendeluhren gelang sogar der Nachweis, dass auch die Rotation

der Erde um ihre Achse nur ein Zeitmass beschränkter Genauigkeit darstellt. Das Jahr als periodischer Vorgang hat den Nachteil, kein ganzzahliges Vielfaches des Tages zu sein. Es hat jedoch den Vorteil, astronomisch sehr genau definiert werden zu können. Das Internationale Komitee für Masse und Gewichte beschloss daher 1956 folgende Zeitdefinition: «Die Sekunde ist der 31 556 925,9747ste Teil des tropischen Jahres für 1900, Januar, 0, 12 Uhr.»

Diese Zeitdefinition ist, obwohl sehr genau, doch ziemlich unbequem, da die Sekunde als Zeiteinheit nicht jederzeit verfügbar ist.

Die Suche nach periodischen Vorgängen ergab im Laufe des 20. Jahrhunderts, dass elektrische Schwingungen, die unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes von Quarz stabilisiert werden, gegenüber Pendeluhren wesentlich genauere Zeitmesser darstellen. Sie eignen sich technisch sehr wohl zur Aufteilung des als Zeiteinheit definierten Jahres in Sekunden.

Noch genauere und jederzeit durch eine geeignete Vorrichtung reproduzierbare periodische Vorgänge bestehen im atomaren Bereich. Damit wird die definitionsgemässe Zeiteinheit Sekunde dauernd zugänglich. An der 13. Generalkonferenz für Masse und Gewichte 1967 wurde beschlossen: «Die Sekunde ist das 9 129 631 770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids ¹³³Cs entsprechenden Strahlung.»

Kirchturm in Villigen (Aargau)



Januar 1975 - 2014

Sonntag	5	12	19	26
Montag	6	13	20	27
Dienstag	7	14	21	28
Mittwoch	1	8	15	22
Donnerstag	2	9	16	23
Freitag	3	10	17	24
Samstag	4	11	18	25



Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Die Stabilisierung der Oszillatorfrequenz in elektronischen Distanzmessern

Vieles wäre bei der Konstruktion von geodätischen Geräten einfacher, wenn sie nur unter genau definierten Bedingungen eingesetzt würden. Am meisten zu schaffen macht die Umgebungstemperatur des Gerätes. Damit stellt sich die Frage nach dem Einfluss von verschiedenen absoluten Temperaturen und von Temperaturänderungen des Gerätes während der Messung auf die Messwerte. Der Einfluss soll nicht nur klein, sondern wenn möglich eliminierbar, oder zumindest durch bekannte temperaturabhängige Eichwerte zu berücksichtigen sein. Theodolite sind in dieser Hinsicht gegenüber elektronischen Distanzmessern immer noch bevorzugt, da sich die Frage der Eichung des Gerätes wegen der rein mathematischen möglichen Definition der Winkleinheit nicht stellt. Eine der wesentlichsten Baugruppen eines elektronischen Distanzmessers ist der Oszillator, der die Modulation steuert. Seine Frequenz muss über lange Zeit konstant und von der Temperatur unabhängig sein, damit der Messwert in den definierten Längeneinheiten erhalten wird. Die zeitliche Konstanz bei konstanter Temperatur ist einfacher zu erreichen als die Unabhängigkeit von Temperaturänderungen. Um Frequenzänderungen des Oszillators als Folge von Temperaturänderungen der Umgebung zu verhindern, bietet sich entweder die Thermostatisierung oder die Netzwerkstabilisierung an. Durch Thermostatisierung wird die Arbeitstemperatur des Oszillators ausserhalb der im Betrieb vorkommenden Umgebungstemperaturen verlegt und durch einen Thermostaten durch

zeitweises Heizen auf einer konstanten Temperatur gehalten. Unter Netzwerkstabilisierung versteht man eine geschickte Kombination von Bauteilen mit temperaturabhängigen elektrischen Kenngrössen, so dass in einem bestimmten Temperaturbereich die Frequenz des Oszillators innerhalb gewisser zulässiger Grenzen konstant bleibt. Der DM 2000 hat einen netzwerkstabilisierten Oszillator, der somit ohne Aufwärmzeit und unabhängig von Temperaturänderungen der Umgebung mit der richtigen Frequenz schwingt. Das Haupteinsatzgebiet des DM 2000 liegt in der Verdichtung von Festpunktnetzen, wie sie vor allem für die Durchführung grosser Bauvorhaben notwendig sind. So werden, wie in diesem Beispiel, die notwendigen Punkte entweder über eine Triangulation mit Distanzen zur Massstabsfestlegung oder über Polygonzüge mit langen Seiten bestimmt. Wegen der unterschiedlichen Anforderung an die Winkelmessung je nach Aufgabe und Entfernung wurde der DM 2000 nicht mit einem Winkelmessteil ausgestattet. Damit ist es dem Ingenieur freigestellt, einen Theodolit der erforderlichen Genauigkeit einzusetzen.

Verdichtung eines Festpunktnetzes bei Göschenen (Uri) mit dem elektrooptischen Distanzmessgerät Kern DM 2000

Februar 1975 - 2014

Sonntag	2	9	16	23
Montag	3	10	17	24
Dienstag	4	11	18	25
Mittwoch	5	12	19	26
Donnerstag	6	13	20	27
Freitag	7	14	21	28
Samstag	1	8	15	22





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Praktische Reichweite, Distanz- und Richtungsfehler bei Theodoliten und elektronischen Tachymetern

Der Kern K1-S, ein Skalentheodolit mit direkter Ablesung von $1''/0,5'$ und Schätzung von $20''/10''$ ist bei Arbeiten mit kurzen Zielweiten und nicht allzu hohen Genauigkeitsansprüchen wegen der bequemen Kreisablesung als Träger eines elektronischen Tachymeters gut geeignet. Sekundentheodolite sind dort vorzuziehen, wo die durchschnittliche Streckenlänge grösser als etwa 200-300 m ist. Ihr Vorteil liegt nicht in der höheren Ablesegenauigkeit, sondern in der Elimination des Einflusses der Kreisexzentrizität und des Achsspiels bei Messungen in einer Fernrohrlage. In Theodoliten mit nur einer Kreisablesestelle, beispielsweise im K1-S, können bei ungünstigem Zusammenwirken der Zentrierfehler am Teilkreis und das Spiel der Stehachse zusammen $3 \mu\text{m}$ erreichen, was bei einem Teilungsradius des Horizontalkreises von 45 mm in einer Zielweite von 300 m bereits einer Querabweichung von 20 mm entspricht. Wenn die Einflüsse von Richtungs- und Distanzfehler auf die Koordinaten des Zielpunktes gleiche Grenzwerte nicht übersteigen sollen, dann ist die praktische Reichweite eines elektronischen Tachymeters auf einem Theodolit mit Ablesung einer Kreisstelle auf etwa 300 m beschränkt. Bei geringeren Genauigkeitsansprüchen kann diese Grenze erweitert werden. Bei Richtungs-messungen mit Sekundentheodoliten werden die Einflüsse von Richtungsfehlern wegen des Wegfalls

systematischer Anteile und auch wegen der höheren Ablesegenauigkeit erst auf Distanzen von etwa 600 m die Fehler der Distanzmessung erreichen.

Die Distanzfehler können im ganzen Bereich der elektronischen Tachymetrie als distanzunabhängig angesehen werden. Bei kurzen Distanzen erübrigt sich sogar oft eine meteorologische Korrektur. Die meteorologischen Bezugsdaten für den DM 500 sind $+12^\circ\text{C}$ und 1015 mb. Damit ergeben sich für Lufttemperaturen von -10°C bis $+34^\circ\text{C}$ und einem Luftdruck zwischen 1100 mb und 930 mb nie eine grössere meteorologische Korrektur als $\pm 4 \cdot 10^{-5}$ der Distanz. Dies entspricht auf 200 m einem Betrag von höchstens $\pm 8 \text{ mm}$.

Eine Katastervermessung in einem neu angelegten Rebgebiet darf ohne Bedenken mit einem K1-S durchgeführt werden, umso mehr, als dass sorgfältige Arbeit mit zeitlich genügend dichter Kontrolle der Instrumentenorientierung ebenso wichtig ist wie eine hohe innere Genauigkeit des Theodolits.

Katastervermessung in einem Rebberg bei Fläsch (Graubünden) mit dem Ingenieurtheodolit Kern K1-S und dem damit kombinierten elektrooptischen Distanzmessgerät Kern DM 500

März 1975 - 2014

Sonntag	2	9	16	23	30
Montag	3	10	17	24	31
Dienstag	4	11	18	25	
Mittwoch	5	12	19	26	
Donnerstag	6	13	20	27	
Freitag	7	14	21	28	
Samstag	1	8	15	22	29





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Die Längeneinheit Meter

Die Inschrift auf dem Stein lautet: «IX Stunden von Bern.»

Mit «Stunde» ist diejenige Strecke bezeichnet, die ein Fussgänger durchschnittlich in einer Stunde zurücklegt. Besser als bloss «Stunde» wird die gebräuchlichere Bezeichnung «Wegstunde» den Eigenschaften dieser Masseinheit gerecht, denn sie deutet sowohl auf eine Strecke als auch eine Zeit hin. Die Stundensteine stehen wegen der von den Wegverhältnissen abhängigen Geschwindigkeit nicht in gleichen Wegabständen wie die heutigen Kilometersteine, sondern sie sind für einen Fussgänger in gleichen Zeitabständen gesetzt. Die Wegstunde als Masseinheit war bis Ende des 19. Jahrhunderts den Bedürfnissen des Verkehrs auf Landstrassen angepasst. Als geodätische Längeneinheit kommt hingegen nur eine physikalisch hinreichend genau festgelegte Masseinheit in Frage.

Die schweizerische Landesvermessung im frühen 19. Jahrhundert hatte den Hauptzweck, eine topographische Karte im Massstab 1: 100 000 zu erstellen. Leiter der Arbeiten war von 1832 bis 1864 General *W. H. Dufour*, dem die fertige Karte den volkstümlichen Namen «Dufourkarte» verdankt. Unter Dufours Vorgänger *L. Wurstemberger* wurde von der Kommission für Landsaufnahme an ihrer ersten Sitzung 1832 die Toise als Längeneinheit der damaligen Landesvermessung festgelegt und die Ausrüstung zur Messung der Basen bei *J. G. Oeri* in Zürich in Auftrag gegeben. Oeri stellte 4 Eisenstangen zu 3 Toisen Länge her, deren Genauigkeit durch die Genauigkeit der Übertragung einer als Toise definierten Länge gegeben war. Die Toise, wie auch der damals bereits eingeführte Meter, waren durch mechanische Normale festgelegt, deren Grösse nicht aus einer Definition mit Hilfe einer Vorrichtung abgeleitet werden konnte,

sondern nur durch Kopieren des Normals zu vervielfältigen war. Die den alten schweizerischen Basismessungen zugrunde gelegte Toise war eine von *Fortin* angefertigte und im Kabinett der linearen Masseinheiten des Königs von Dänemark aufbewahrte Kopie eines als «Toise von Peru» bezeichneten Originals.

Alle mechanisch definierten Längennormale hatten bis zum Beginn unseres Jahrhunderts den Nachteil, dass ihre Längenunterschiede nur durch direkten Vergleich bestimmbar waren. Sobald ihre Längen durch konstante Grössen eines physikalischen Vorganges auszudrücken sind, ist damit nicht nur ein indirekter Vergleich möglich, sondern dazu auch die Einzellänge unabhängig von einer mechanisch gegebenen Länge jederzeit zu beschaffen. Das 1953 gegründete «Comité Consultatif pour la Définition du Mètre» empfahl der XI. Generalkonferenz für Mass und Gewicht 1960 eine Meterdefinition in Lichtwellenlängen, die anschliessend angenommen wurde. Sie lautet: «Der Meter ist das 1 650 763,73 fache der Wellenlänge der von Atomen des Nuklids ⁸⁶Kr beim Übergang vom Zustand 5d₅ zum Zustand 2p₁₀ ausgesandten, sich im Vakuum ausbreitenden Strahlung.» Die zugehörige Spektrallinie hat eine Wellenlänge von 0,6056 µm.

Alter Stundenstein bei Langenthal (Bern). Die Stundensteine, die man noch heute da und dort an Schweizer Landstrassen findet, zeigten früher dem Fussgänger die Anzahl Wegstunden bis zur nächsten grösseren Stadt an.

April 1975 - 2014

Sonntag		6	13	20	27
Montag		7	14	21	28
Dienstag	1	8	15	22	29
Mittwoch	2	9	16	23	30
Donnerstag	3	10	17	24	
Freitag	4	11	18	25	
Samstag	5	12	19	26	





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Das elektrooptische Präzisions-Distanzmessgerät Mekometer ME 3000

Das Mekometer ist das Präzisionsinstrument unter den elektronischen Distanzmessern. Der Phasenvergleichsfehler liegt bei $\pm 0,2$ mm und der Frequenzfehler bei 10^{-6} . Damit wird eine Relativgenauigkeit in der Grössenordnung von Millionsteln der Strecke bereits auf Distanzen von wenigen hundert Meter erreicht. Bei Entfernungen über 200 m ist die Genauigkeit des Mekometers der Genauigkeit eines Sekundentheodolits bereits überlegen. Die Reichweite des Gerätes beträgt unter guten atmosphärischen Verhältnissen mit drei Reflektoren von je 60 mm Durchmesser etwa 3 km.

Das Mekometer arbeitet mit einer Grundfrequenz von 500 MHz. Daraus ergibt sich eine halbe Modulationswellenlänge von 30 cm. Vier Hilfsfrequenzen gestatten die Anzahl halber Modulationswellen zu bestimmen. Da jede Hilfsfrequenz eine Dekade liefert, ist eine eindeutige Messung innerhalb 10 000 halber Modulationswellenlängen, also innerhalb 3 km möglich. In einem Rechner werden die gemessenen Phasenwinkel in metrische Einheiten umgerechnet und an einem digitalen Zähler angezeigt. Der Phasenvergleich erfolgt mit Hilfe einer mechanisch messbaren Veränderung des Lichtweges. Der damit in Kauf ge-

nommene Nachteil eines nicht automatischen Ablaufes wird durch die damit gewonnene, und für ein Präzisionsgerät unerlässliche, völlige Linearität des Phasenvergleiches mehr als aufgewogen. Wiederholungsmessungen zur Steigerung der Genauigkeit lassen sich in kurzer Zeit mit der Grundfrequenz allein durchführen.

Das Mekometer ist trotz seiner hohen Messgenauigkeit, die sich durchaus mit Invardrähten vergleichen lässt, weitgehend unempfindlich gegen unsanfte Behandlung bei Arbeit und Transport. Es ist daher allen Aufgaben gewachsen, zu deren Lösung eine hohe Relativgenauigkeit auf kurze Distanzen erforderlich ist. Vieles dürfte auf dem Gebiete der Bauwerksüberwachung, der genauen Absteckungen, der Messung von Eichbasen, der Geologie und Geophysik und des Grossmaschinenbaues mit dem Mekometer einfacher, wenn nicht erst möglich werden.

Kontrollmessung an einer Eisenbahnbrücke bei Camedo (Centovalli, Tessin) mit dem Mekometer Kern ME 3000

Mai 1975 - 2014

Sonntag	4	11	18	25
Montag	5	12	19	26
Dienstag	6	13	20	27
Mittwoch	7	14	21	28
Donnerstag	1	8	15	22
Freitag	2	9	16	23
Samstag	3	10	17	24





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Wellen

Die Definition einer Welle findet man in jedem Physikbuch: Eine Welle ist eine zeitlich und räumlich periodische Störung eines Gleichgewichtszustandes. Wellen können Energie und daher Signale übertragen. Die grundlegenden Grössen einer Welle sind die Frequenz und die Phasengeschwindigkeit. Die Wellenlänge, die für elektronische Entfernungsmesser wichtigste Grösse einer Welle, wird aus Frequenz und Phasengeschwindigkeit abgeleitet. Die Phasengeschwindigkeit ist in den meisten Medien frequenzabhängig. Man bezeichnet die Eigenschaft eines Mediums, dass sich Wellen verschiedener Frequenz darin verschieden schnell fortpflanzen, als Dispersion.

Mit Hilfe von Wellen können Distanzen gemessen werden, einerseits durch Abzählen der Anzahl Wellenlängen oder andererseits durch Messen der Laufzeit der Kopfwelle zwischen den Endpunkten der zu messenden Strecke. Die erste Methode führt auf das Interferometer, das nur die Eigenschaft der Welle als räumlich periodische Störung ausnutzt und dessen Messwerte daher nur von der Phasengeschwindigkeit und der Frequenz abhängen. Beim Interferometer ist weder Energietransport noch Signalübertragung notwendig. Die zweite Methode liegt den elektronischen Distanzmessern zugrunde, wo aus der Laufzeit eines Signals die Distanz bestimmt wird. Daher ist der Messwert von der Signalgeschwindigkeit abhängig,

also derjenigen Geschwindigkeit mit der Energie entlang der Welle transportiert wird.

Ein Signal wird einer Welle durch Modulation aufgeprägt. Als Modulation wird die Veränderung irgendwelcher Eigenschaften einer Welle bezeichnet. Die Modulation kann als Überlagerung von Sinusschwingungen verschiedener Frequenz dargestellt werden. Wegen der Dispersion des Übertragungsmediums breiten sich die Teilwellen mit unterschiedlicher Phasengeschwindigkeit aus. Die Geschwindigkeit der Signalübertragung lässt sich mit Hilfe einer Fouriersynthese aus den einzelnen Phasengeschwindigkeiten ermitteln. Aus der Signalgeschwindigkeit und der Laufzeit eines Signals kann eine Distanz bestimmt werden. Die beiden in der elektronischen Distanzmessung gebräuchlichen Verfahren, das Impulsverfahren und das Phasenvergleichsverfahren unterscheiden sich grundsätzlich nicht. Verschieden ist nur die Art der Modulation.

Wegen der Dispersion in der Atmosphäre ist die Phasengeschwindigkeit von nichtmodulierten Lichtwellen mit einer Wellenlänge von beispielsweise 0,56 µm als Trägerwelle um den Faktor 1,000011 höher als die Signalgeschwindigkeit.

Später Schnee am Golzernsee im Maderanertal (Uri)

Juni 1975 - 2014

Sonntag	1	8	15	22	29
Montag	2	9	16	23	30
Dienstag	3	10	17	24	
Mittwoch	4	11	18	25	
Donnerstag	5	12	19	26	
Freitag	6	13	20	27	
Samstag	7	14	21	28	





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Das reduzierende Doppelbild-Tachymeter Kern DK-RT

Eines der bekanntesten Doppelbildtachymeter ist der Kern DK-RT.
Die Doppelbildtachymetrie geht auf den Amerikaner *Richard* zurück, der um die Jahrhundertwende einen Glaskeil vor ein Fernrohrobjektiv setzte und dadurch zwei sich überlagernde Bilder einer Messlatte erzeugte. Da die Verschiebung der beiden Bilder proportional zur Distanz zwischen Keil und Latte ist, kann, indem ein Bild als Ablesendeindex für das andere verwendet wird, an einer geeigneten Lattenteilung die Distanz abgelesen werden.
Ein breiter Erfolg war diesen ersten Doppelbildtachymetern versagt. Obwohl grundsätzlich hohe Genauigkeiten erreicht werden konnten, waren Mischbild, Schrägdistanz und Intervallschätzung im Lattenbild gewichtige Hindernisse. Der Durchbruch gelang erst, nachdem der St. Galler Grundbuchgeometer *R. Bosshardt* Ende der zwanziger Jahre zusammen mit der damaligen Firma Carl Zeiss in Jena ein Tachymeter schuf, das die Doppelbilddistanzmessung in einem heute nur in Einzelheiten übertroffenen Stand verkörperte.
Neben der vollständigen Trennung der überlagerten Bilder in zwei sich berührende Halbbilder lag der Hauptfortschritt gegenüber *Richard* in der Anwendung eines Drehkeilpaares nach *Bošcović*, das durch mechanisch-optische Mittel den wirksamen Keilwinkel in Funktion des Kosinus des Höhenwinkels verändert. Damit war es möglich, anstatt der schiefen Distanz die auf eine Horizontalebene reduzierte Distanz zu messen; beim damaligen Stand der Rechentechnik ein bedeutender Vorteil. Dazu kam ein optisches Planplattenmikrometer vor dem Fernrohrobjektiv, das gestattete, die Bruchteile der

Teilungsintervalle zwischen Lattenbild in der einen Bildhälfte und Ablesendeindex in der andern auszumessen.
Die ersten Doppelbildtachymeter der Firma Kern wurden 1932 geliefert. Sie waren nach ähnlichen Gesichtspunkten gebaut, wie die damaligen Instrumente von Carl Zeiss in Jena.
Die ersten DK-RT wurden 1950 geliefert. In ihrer Konstruktion wurden einige Unzulänglichkeiten bestehender Geräte behoben. Beispielsweise konnte der bisher auf 20 cm beschränkte Bereich des Distanzmikrometers auf 100 cm ausgedehnt werden. Damit fällt der Nonius auf der Latte und mit ihm eine Fehlerquelle weg. Weniger spektakulär, aber deswegen nicht minder angenehm, ist der Wegfall der Distanzkorrektur wegen der Neigungsabhängigkeit der Additionskonstante. Die Veränderung der Additionskonstante konnte durch geeignete Dimensionierung der die Bildtrennung erzeugenden Optiktteile auf vernachlässigbare Beträge verkleinert werden. 1961 erhielt der DK-RT im Zuge der letzten Umarbeitung ein neues Achssystem und eine neue Kreisablesung.
Der DK-RT stellt in seiner heutigen Form bezüglich Bequemlichkeit und Genauigkeit das mit herkömmlichen Mitteln zu erreichende Optimum dar. Er wird trotz der elektronischen Distanzmessung wegen der Erfahrung der Benutzer und seiner Betriebssicherheit noch über Jahre hinaus unentbehrlich sein.

Auch eine Vermessungs-Equipe braucht hin und wieder eine Erfrischungspause.



Juli 1975 - 2014

Sonntag	6	13	20	27
Montag	7	14	21	28
Dienstag	1	8	15	22
Mittwoch	2	9	16	23
Donnerstag	3	10	17	24
Freitag	4	11	18	25
Samstag	5	12	19	26



Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Reflexion von Wellenflächen

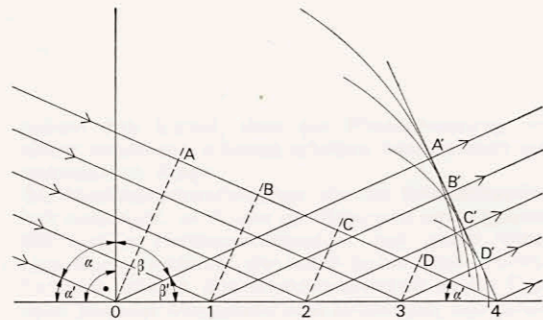
Wenn Licht, eine elektromagnetische Welle, auf eine Grenzfläche zweier Medien trifft, so wird die Welle aufgespalten: Eine Teilwelle verläuft im zweiten Medium, die andere Teilwelle wird ins erste Medium zurückgeworfen, reflektiert. Doch wird das Licht nur dann in eine ganz bestimmte Richtung reflektiert, wenn die Grenzflächen nicht rau sind. Dies ist z. B. der Fall bei polierten Glas- und Metallflächen. Glas reflektiert ca. 5% des aus Luft einfallenden Lichtes, es ist «durchsichtig»; dagegen reflektieren glatte Metalloberflächen ca. 95% des Lichtes, sie sind «undurchsichtig». An einer rauhen Grenzfläche wird Licht ungeordnet nach allen Richtungen reflektiert (sog. Streureflexion). Im folgenden setzen wir glatte Grenzflächen voraus.

Das Reflexionsgesetz war schon den Griechen bekannt. Als Huygens seine Wellenlehre aufstellte, hatte er also das Reflexionsgesetz zu verifizieren. Dazu hatte er mit dem nach ihm benannten Prinzip einen genialen Einfall: Betrachtet man eine räumliche Welle, so kann jeder Punkt, der von der Welle getroffen wird, wieder als Ausgangspunkt einer Kugelwelle angesehen werden. Auf Grund dieser Annahme lässt sich wellentheoretisch nicht nur die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes erklären, sondern auch das Reflexions- und Brechungsgesetz und die Beugungserscheinungen.

Der Einfachheit halber nehmen wir eine ebene Welle an, d.h. ihr Ausgangszentrum liegt unendlich weit weg, ihre Wellenfronten sind Ebenen. In unserer Zeichenebene sind sie Geraden: 0 A, 1 B, 2 C usw. Die Grenzfläche nehmen wir in dem Bereich, da sie von der ebenen Welle getroffen wird ebenfalls eben an; 0 4 sei die Schnittgerade der Grenzfläche mit der Zeichenebene.

Schematisch stellen wir die fortschreitende Welle etwa durch 5 Geraden («Strahlen») dar, die in 0, 1, 2, 3, 4 auf die Grenzfläche treffen. Keineswegs soll das etwa bedeuten, dass die «Strahlen» 0 und 4 die Welle begrenzen! Sie dienen lediglich der Konstruktion.

Die Welle kommt gleichzeitig in 0 und A an. In 0 wird sie reflektiert, während sie von A aus noch bis 4 zur Reflexion weiterläuft. Inzwischen hat aber der in 0 reflektierte Wellenteil auch eine Wegstrecke A 4 zurückgelegt. Wir schlagen daher um 0 als Zentrum



einen Kreis vom Radius A 4. Dasselbe tun wir mit der Wellenfront 1 B, schlagen also um 1 einen Kreis vom Radius B 4 usw. Die so gezeichneten Kreise stellen Elementarwellen dar, die von den Punkten der Grenzfläche 0 4 ausgehen.

Die reflektierte Wellenfront ist die Enveloppe aller Kreise, steht als gemeinsame Tangente auf allen Kreisen senkrecht und geht durch 4.

Wir nehmen vorerst $\alpha \neq \beta$ an. Die Dreiecke 0 A 4 und 0 A' 4 stimmen in den Seiten A 4 und 0 A' überein nach Konstruktion, zudem haben sie die Seite 0 4 gemeinsam. Der Winkel bei A ist ein Rechter, ebenso der in A'. Also sind beide Dreiecke kongruent. Also auch $\alpha' = \beta'$ und daher $\alpha = \beta$.

Streureflexion an rauhen Oberflächen

August 1975 - 2014

Sonntag	3	10	17	24	31
Montag	4	11	18	25	
Dienstag	5	12	19	26	
Mittwoch	6	13	20	27	
Donnerstag	7	14	21	28	
Freitag	1	8	15	22	29
Samstag	2	9	16	23	30





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Mekometer III: Elektronische Entfernungsmessung mit einer Auflösung von weniger als einem Millimeter

Unter dem Titel «Mekometer III: EDM with Sub-Millimeter Resolution» erschien in der «Survey Review» Nr. 161, 1971, eine Arbeit von Dr. K.D. Froome vom National Physical Laboratory, Teddington, England. Die nachfolgende Einleitung zu diesem Artikel umreißt in knapper Form die der Entwicklung des Mekometers zugrunde liegenden Gedanken:

«Das Ziel war die Entwicklung eines EDM-Gerätes für kurze und mittlere Distanzen mit hoher Auflösung. Ein solches Instrument würde sich, ausser für allgemeine Vermessungsarbeiten, für Anwendungen im Hoch- und Tiefbau und für Messungen an grossen Bauwerken eignen. Es ist ausserdem wünschenswert, Korrekturen am Phasen-Messsystem zu vermeiden, die Notwendigkeit umfangreicher Berechnungen zur Fehlerermittlung auszuschalten und, wenn möglich, den Einfluss des atmosphärischen Brechungsindex automatisch zu kompensieren. Als das Mekometer die Entwicklungsstufe des Mekometer III-Prototyps erreicht hatte, waren alle diese Ziele erreicht. Die Art der Funktionsweise ist vollkommen verschieden von allen andern zurzeit verfügbaren Instrumenten.

Das Mekometer benützt die Lichtstrahlung als Trägerwelle, doch wird anstelle der gebräuchlichen Amplitudenmodulation die Polarisationsmodulation verwendet. Die Modulationsfrequenz ist sehr hoch (rund 500 MHz), so dass die Auflösung der Entfernung ausgezeichnet ist. UHF-Modulation hat

zudem den Vorteil, dass die Phasenmessung mit einem variablen Lichtweg erfolgen kann, anstatt auf elektrischem Wege.

Die Modulationswellenlänge, die der Grundmeseinheit entspricht, wird über die Resonanz eines kleinen Mikrowellen-Hohlraumresonators aus geschmolzenem Quarz bestimmt, der mit 9-facher Modulationsfrequenz arbeitet. Die Grundmeseinheit ist ein Fuss beim ‚Imperial‘ Mekometer oder 30 cm beim metrischen Mekometer.

Das Mekometer III ist aus dem Mk I hervorgegangen, das mit einer Modulationsfrequenz von 9 GHz arbeitete¹⁾ und aus dem Mk II mit 500 MHz, das als erstes Feld-Versuchsmodell gebaut worden war²⁾.»

¹⁾ Froome K. D. and Bradsell R. H.: Distance measurement by means of a light ray modulated at a microwave frequency.

Journal of Scientific Instruments, 1961, No. 38.

²⁾ Froome K. D. and Bradsell R. H.: A new method for the measurement of distances up to 5000 ft. by means of a modulated light beam.

Journal of Scientific Instruments, 1966, No. 43.

Dr. K. D. Froome (links) und R. H. Bradsell, die geistigen Väter des Mekometers, mit dem Mekometer III auf der Längenmess-Prüfstrecke des National Physical Laboratory in Teddington, England



September 1975 - 2014

Sonntag		7	14	21	28
Montag	1	8	15	22	29
Dienstag	2	9	16	23	30
Mittwoch	3	10	17	24	
Donnerstag	4	11	18	25	
Freitag	5	12	19	26	
Samstag	6	13	20	27	



Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Der Quarz als frequenzbestimmendes Element im elektrischen Schwingkreis

Im Jahre 1880 entdeckte *P. Curie* die Eigenschaft mancher Kristalle, bei einer mechanischen Deformation an den beiden Enden der Achse eine elektrische Ladung aufzubauen. Dieser Vorgang ist auch umkehrbar, das heisst, dieselben Kristalle werden in einem elektrischen Feld deformiert. Ein an die Enden der Achsen angelegtes elektrisches Wechselfeld regt diese Kristalle zum Schwingen an. Bedingt durch die Gitterstruktur des molekularen Aufbaues der Kristalle weisen diese scharf abgegrenzte Eigenschwingungsfrequenzen auf. Diese Eigenschaft ist beim Quarz-Kristall (SiO_2) besonders ausgeprägt. Er zeichnet sich durch eine sehr konstante Resonanzfrequenz aus.

In bestimmter Richtung aus einem Quarzkristall herausgeschnittene Plättchen können deshalb, anstelle eines frequenzbestimmenden Schwingkreises, zur Erzeugung von Schwingungen mit konstanter Frequenz in Oszillatoren verwendet werden. Die Frequenz ist von der Abmessung des Kristallplättchens abhängig.

Bei elektronischen Distanzmessern bildet die Modulationsfrequenz den Massstab. Dieser Massstab muss über längere Zeit und innerhalb eines weiten Temperaturbereiches erhalten bleiben. Quarzoszillatoren

sind die gebräuchlichen Elemente, um die Modulationsfrequenz mit der erforderlichen Konstanz zu erzeugen.

Die in diesen Oszillatoren enthaltenen Schwingquarze werden vorgealtert und ändern ihre Frequenz in Abhängigkeit der Zeit nur in der Grössenordnung von $5 \text{ bis } 10 \cdot 10^{-6}/\text{Jahr}$.

Um auch diese kleinen Abweichungen wieder korrigieren zu können, werden Abstimmtrimmer vorgesehen.

Die Frequenzdrift in Abhängigkeit der Temperatur wird entweder durch elektronische Kompensationschaltungen oder durch Aufheizen des Quarzes auf eine Temperatur ausserhalb des Arbeitsbereiches des Instrumentes (z. B. 75°C) in engen Grenzen gehalten. Die gebräuchlichen Werte liegen je nach System bei $0,2-0,5 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$.

Quarzkristalle (SiO_2) aus der Nähe des Rhonegletschers (Wallis). Der Kristall rechts gehört zu den grössten und schönsten in der Schweiz gefundenen Bergkristallen; er ist 65 cm lang und 56 kg schwer (Naturhistorisches Museum Bern).

Oktober 1975 - 2014

Sonntag	5	12	19	26
Montag	6	13	20	27
Dienstag	7	14	21	28
Mittwoch	1	8	15	22
Donnerstag	2	9	16	30
Freitag	3	10	17	31
Samstag	4	11	18	25





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

**Eine ideale Gerätekombination
für die Katastervermessung in dicht
bebauten Gebieten**

Alte Stadtkerne mit ihren verwinkelten Gassen und engen Strassen bereiten dem Vermessungsingenieur oft erhebliche Schwierigkeiten in der Anlage von Polygonzügen für die Detailaufnahme. Kurze Sichtweiten wechseln mit langen, auf der Messstrecke spielt sich der Fussgänger- und Fahrzeugverkehr ab. Vorspringende Ecken, Geländer und schmale Durchgänge erfordern Improvisationen.

Ein Instrumentarium, das sich diesen Verhältnissen anpassen kann, bietet die beste Gewähr für eine rasche und sichere Messung. Die Verbindung DM 500 - DKM2-A ist in diesen Verhältnissen die ideale Gerätekombination. Der Theodolit gibt mit einer einzelnen Ablesung in einer Fernrohrlage eine Richtungsgenauigkeit von weniger als $\pm 15''/5''$. Dies entspricht in einer Distanz von 200 m einer Querabweichung von höchstens ± 5 mm. Die Angabe von zufälligen Fehlern als Genauigkeitsmass wird den Verhältnissen bei elektronischen Distanzmessern nicht gerecht, da der Hauptanteil der Fehler systematisch distanzabhängig ist. Gleichwohl lassen sich Maximalfehler angeben, die nicht überschritten werden. Es bleibt aber zu beachten, dass wegen der Systematik der Fehler mehr Fehlerbeträge in der Nähe der Grenzwerte auftreten. Diese Grenzwerte liegen bei rund 1 bis 2 cm. Sie lassen sich durch genaue Eichung auf etwa die Hälfte reduzieren. Die Gerätekombination DM 500 - DKM2-A ist neben der hohen Genauigkeit bezüglich Gewicht, Kleinheit, Art der

Kombination von Distanzmesser und Theodolit, automatischer Messung und bequemer Ablesung unerreichbar.

Strahlunterbrechungen während der Messung spielen keine Rolle. Jede Entfernung im Bereich der Katastervermessung wird mit der gleichen Genauigkeit gemessen. Damit die Stromzufuhr möglichst wenig stört, wird das Batteriekabel am feststehenden Unterteil des Theodolits angeschlossen. Der DM 500, der lediglich auf den Fernrohrkörper aufgeschoben wird, lässt sich dadurch samt der Stütze beliebig um die Stehachse drehen. Die Batterie bleibt dabei unverändert am Stativ. Es ist sogar möglich, die gesamte Ausrüstung auf dem Stativ zu tragen. Selbst zum Messen von Polygonwinkeln in beiden Fernrohrlagen braucht der DM 500 nicht abgenommen zu werden, da das Fernrohr immer noch durchgeschlagen werden kann. Berücksichtigt man noch, dass für jeden aufzunehmenden Punkt nur eine einzige Zielung auf den schmalen Reflektor für Entfernung, Horizontalrichtung und Vertikalwinkel notwendig ist, wird die Wendigkeit und der Messkomfort dieses Vermessungssystem deutlich.

Der Sekundentheodolit Kern DKM2-A mit aufgesetztem elektrooptischem Distanzmessgerät Kern DM 500 bei der Detailaufnahme in der Altstadt von Basel.

November 1975 - 2014

Sonntag	2	9	16	23	30
Montag	3	10	17	24	
Dienstag	4	11	18	25	
Mittwoch	5	12	19	26	
Donnerstag	6	13	20	27	
Freitag	7	14	21	28	
Samstag	1	8	15	22	29





Kern & Co. Ltd.
Optical and
Mechanical Precision
Instruments
CH - 5001 Aarau
Switzerland

Die Natur des Lichtes

Im 17. Jahrhundert entstanden die ersten wissenschaftlichen Theorien über das Licht: Die Emissionstheorie von *Newton* und die Wellenlehre von *Huygens*. Nach der ersteren besteht Licht aus geschleuderten Teilchen, nach der letzteren aus Schwingungen oder Wellen. Vorerst wurde der Streit der beiden Lehren durch die Interferenzfähigkeit des Lichtes zugunsten der Wellenlehre entschieden.

Als es 1856 *Kohlrausch* und *Weber* gelang, die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen elektrisch zu messen und sich gute Übereinstimmung mit der schon früher bestimmten Lichtgeschwindigkeit ergab, war das der Anstoss für die elektromagnetische Lichttheorie von *Maxwell*: Licht als eine elektromagnetische Schwingung aufgefasst. *Heinrich Hertz* zeigte, dass die von einem elektrischen Oszillator ausgehenden Wellenzüge linear polarisiert sind und wie Lichtwellen an Grenzflächen reflektiert und gebrochen werden. Die Frequenz der emittierten Welle hängt von den Abmessungen des Oszillators ab. Für das sichtbare Licht ergaben sich so Atome und Moleküle als erzeugende Oszillatoren. So entstand die klassische Vorstellung von der Lichtemission: Die Elektronen, angeregt von aussen, schwingen um Gleichgewichtslagen und senden Lichtwellen aus.

Experimentelle Untersuchungen mit glühenden festen Körpern («schwarze Körper») zeigen, dass die Strahlungsintensität mit zunehmender Frequenz bis zu einem bestimmten Maximum ansteigt, bei noch höheren Frequenzen rasch wieder abfällt. Das steht im Widerspruch zu den Ergebnissen der klassischen Theorie, wonach die Strahlungsintensität mit zunehmender Frequenz über alle Grenzen wachsen müsste («Ultraviolett Katastrophe»).

Planck löste im Jahre 1900 den Widerspruch, indem er eine neue Naturkonstante, das Planck'sche Wirkungsquantum h , einführte. Nach *Planck* kann Energie nicht in beliebiger Menge ausgestrahlt werden,

sondern nur in Vielfachen von h , den Lichtquanten oder Photonen. Die so entstandene Quantentheorie beherrscht heute grosse Teile der Physik. *Niels Bohr* stellte 1913 zuerst ein quantenhaftes Modell des Atoms her. Die Elektronen umkreisen auf diskreten Bahnen den Atomkern; jede stationäre Bahn ist durch eine Quantenzahl n gekennzeichnet. $n = 1$ entspricht der Grundbahn, der Bahn kleinster Energie.

«Springt» ein Elektron von einem energiereichen Niveau E_1 durch irgendwelche äussere Einflüsse auf ein energieärmeres Niveau E_2 , so sendet es die Energiedifferenz $E_1 - E_2$ in Form von Licht aus. Und zwar ist:

$h \nu = E_1 - E_2$ (ν = Frequenz des emittierten Lichtes). Durch dieses Bohrsche Atommodell konnten die Linienspektren der einfachen Atome zwanglos gedeutet werden. Bei komplizierter aufgebauten Atomen genügt die Bohrsche Theorie nicht mehr. Der Zustand eines Elektrons ist nicht mehr durch eine, sondern durch vier Quantenzahlen bestimmt.

Wird Röntgenlicht an einer Substanz mit lockeren Elektronen gestreut, so ist die gestreute Strahlung langwelliger als die einfallende. Die verloren gegangene Energie tritt wieder auf in den «Rückstosselektronen», die beim Streuprozess aus dem Atom des streuenden Materials herausgeschlagen werden. Eine solche Erscheinung kann nur durch eine Korpuskularstrahlung, bei der die Lichtquanten wie Geschosse wirken, erklärt werden.

Der Dualismus Welle – Korpuskel tritt nur im atomaren Bereich in Erscheinung. Um den Widerspruch zu lösen, musste daher für diesen Bereich das jahrhundertalte Kausalitätsprinzip aufgegeben werden.

Selbst das schwache Licht einer kleinen Lampe strahlt Wärme und Geborgenheit aus.



Dezember 1975 - 2014

Sonntag	7	14	21	28
Montag	1	8	15	22
Dienstag	2	9	16	23
Mittwoch	3	10	17	24
Donnerstag	4	11	18	25
Freitag	5	12	19	26
Samstag	6	13	20	27