Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft
Heft 1, Jahrgang 2004 ©by DMG 2004

Die Tagung kommt! Aber wie viele Teilnehmer kommen?

Betrachtungen zur Schätzung der Teilnehmerzahl
Oder: Spiel mit – nur – hundert Wertetripeln

WALTER FETT*, BERLIN

(Manuskript erhalten 20. Dezember 2003; in revidierter Form 15. März 2004; angenommen 15. März 2004)

1 Prolog

Nichtwissen ist bei Nichtwissenkönnen entschuldbar. Hättewissenkönnen ist dagegen peinlich. Dazwischen spielt das Vermutendürfen. Haben wir in diesem Essay hier solch einen Fall? Und zu welcher Seite pendelt er?

2 Fragestellung

Wer zu einer Sitzung, einer Tagung, zu einem Kongress o.ä. einlädt, möchte diese Veranstaltung am liebsten in einem wohlgefüllten Raum ablaufen sehen. Denn ein Teilnehmer möchte sich im Auditorium weder drängeln noch verloren vorkommen. Welcher Zuhörer möchte schon dauerhaft – und dann hinten – stehen müssen, welcher Redner möchte vor einem spärlich verteilten Publikum und – dann gar nur hinten – mäßig gefüllten Saal sprechen? Die Teilnehmer neigen sonst leicht zur Meinung, der Veranstalter hat im ersten Fall sein Organisationstalent, im zweiten Fall hingegen seine bzw. seiner Sache Bedeutung überschätzt. Peinlich in jedem Falle dann, wenn man durchaus die Wahl des etwa passenden Raumes hatte. Möchte man also, dass Platzangebot und -füllung harmonieren, dass die Essensportionen reichen, ohne zu verkümmern, dass der Gesellschaftsabend gemütlich erscheint oder man nicht auf den gecharterten Dampferplätzen sitzenbleibt usw., dann will man schon vorher wissen, wie viele denn nun kommen werden! Und üblicherweise wird daher mit der Einladung die Frage verbunden, ob man teilnimmt oder nicht.

Aber ach, wir alle wissen doch, dass wir mit der Beantwortung dieser Entweder-Oder-Frage oft überfordert sind und dann entweder gar nicht, sehr verspätet oder sicherheitshalber zu optimistisch reagieren; letzteres vor allem bei ausdrücklicher Unverbindlichkeit. Und der Veranstalter, der ja mit diesem simplen Verfahren die Verantwortung erst einmal auf das Publikum zu verlagern gedenkt, muss sich letztlich doch entscheidende psychologische Gedanken machen, wie er das Entscheidungsverhalten seiner potentiellen Gäste einschätzt. Was liegt da näher als gleich zu fragen, wie sich die Angesprochenen selber einschätzen; denn diese wissen es doch meist besser! Also anstatt nach einer *Ja/Nein*-Entscheidung sollte man fragen, zu wieviel Prozent Wahrscheinlichkeit man die eigene Teilnahme einschätzt! Dann wäre die Summe all dieser Wahrscheinlichkeitswerte eine erste Schätzung der Teilnehmerzahl aus dem Kreise der Antwortenden, wobei die Schätzungsgüte mit der Zahl der Teilnehmer wachsen sollte. – Funktioniert das nun auch?

* Walter Fett, Berlin, e-mail: walter.fett@t-online.de

3 Durchführung

3.1 Erste Erprobungen

Der Autor stand gelegentlich der ersten AKUMET-Veranstaltungen der DMG als Gründer vor der Aufgabe, aus der Ferne für den Organisator vor Ort zwecks Raumbeschaffung die zu erwartende Teilnehmerzahl mitzuteilen, ohne eine rechte Vorstellung von der Ambition, dem Engagement und damit dem Umfang des evtl. Klientels zu haben. Daher erging mit der Einladung die Bitte um Rücksendung der persönlich ergänzten Mitteilung: *Ich nehme mit ......% Wahrscheinlichkeit an der Veranstaltung teil.*

Erstes Resultat: Auf die Einladung zur ersten Tagung (A: 28.11.1975) gingen 33 Antworten ein. Die Summe $\sum w$ der mitgeteilten Wahrscheinlichkeiten war W = 22,68 $\sim$ 23, die Zahl $\sum a$ der von den Antwortenden dann wirklich Erschienenen war A = 20, also nur +13% Abweichung entsprechend +2 Personen: In Anbetracht des nur kleinen Teilnehmerkreises ein m.E. befriedigendes Ergebnis, um darauf organisatorische Entscheidungen begründen und rechtfertigen zu können (s.a. Tab. 1).

ISSN 0177-8501

Tabelle 1: Teilnehmereinschätzung.

Zeile	*Serie*	*A: 28.11.75*	*B: 19.5.76*	*C: 19.1.78*	*ABC*
1	E = Geantwortet	33	38	38	109
2	A = Σa Gekommen	20	29	30	79
3	W = Σw Erwartet	22,68 ≈ 23	30,94 ≈ 31	30,47 ≈ 30	84,09 ≈ 84
4	W′ = Σw′	21,73 ≈ 22	28,79 ≈ 29	28,47 ≈ 28	78,94 ≈ 79
4%	Erwartung, korr.	+9%	-1%	-5%	0%
5	< 50% = 0 = 50% = 0,5	24,5	32,5	33,5	90,5
5%	> 50% = 1	+18%	+11%	+10%	+14,6%
6	< 80% = 0	20	31	30	81
6%	≧ 80% = 1	0%	+7%	0%	+2,5%
7	a(w = 0,90 - Klasse) Gekommen	2	6	7	15
8	n(w = 0,90 - Klasse) Erwartet	4	8	9	21
9	n-a = Nicht gekommen	+2	+2	+2	+6
10	a/n = wahre Wahrscheinlichkeit der w = 0,90-Klasse	50%	75%	78%	71%

Das Resultat ermunterte zur Beibehaltung des Verfahrens für die beiden folgenden Tagungen: Zur Tagung B am 19.5.1976 antworteten 38 Personen; die Schätzung liess 30,94 Teilnehmer erwarten und wich um +7% entsprechend wiederum +2 Personen von der tatsächlichen Teilnehmerzahl A = 29 ab. Zur Tagung C am 19.1.1978 schließlich kamen von 38 Antwortenden 30 Personen und damit genau so viele, wie erwartet wurden: Die Erwartungssumme W = 30,47 weicht nur um anderthalb Prozent von der Wirklichkeit ab (Tab. 1, Zeile 3).

Größenordnung und Art des Klientels aller drei Veranstaltungen sind sehr ähnlich. Die Personen jeweils zweier Tagungen waren zu 33%, 44% bzw. 50%, die aller drei Tagungen zusammen zu 25% dieselben. Somit spricht nichts Gewichtiges dagegen, die drei Kollektive zu einem einzigen aussagekräftigeren von 109 Eingängen zusammenzufassen (ABC): Für dieses summiert sich die Erwartung zu W = 84,09 Teilnehmer, also gegenüber der wirklichen Teilnehmerzahl A = 79 ist die Schätzung um +6% entsprechend 5 Personen zu hoch. D.h. generell führt die Frage nach der Selbsteinschätzung zu einem – nur etwas – zu hohen Ergebnis (Tab. 1, Zeile 3).

3.2 Einschätzung einer reinen Fallentscheidung „Teilnahme/Nichtteilnahme“

Wie wäre nun das Ergebnis gewesen, hätte man den Eingeladenen nur die polare Entscheidung zwischen „Teilnahme“ und „Nichtteilnahme“ gelassen? Aussagen darüber erlaubt gerade die nun vorliegende nachträgliche Kenntnis, wer in Abhängigkeit seiner Selbsteinschätzung tatsächlich gekommen bzw. nicht gekommen ist!

Setzte man versuchshalber den Schnittpunkt der Fallentscheidung in die Skalenmitte, mithin bei 50% fest, ändert also alle Einzelentscheidungen mit $w < 50\%$ zu $w' = 0$, die mit $w = 50\%$ zu $w' = 0{,}5$ und die mit $w > 50\%$ zu $w' = 1$, so führte die Summe zu einer mit +15% wesentlich zu hohen Schätzung: 90,5 erwarteten gegenüber 79 davon erschienenen Personen (Tab. 1, Zeile 5)! Erst wenn man lediglich mit denjenigen als Teilnehmer rechnet, die ihr Kommen schon zu 80% und mehr einschätzen, kommt man mit erwarteten 81 Teilnehmern bis auf 2,5% an die wirklichen 79 Teilnehmer heran. Und dieser Fallentscheidungsschnittpunkt – erst bei $w \geq 80\%$ – gilt auch für jedes der einzelnen Teilkollektive (Tab. 1, Zeile 8)! Dieses Ergebnis lässt generell vermuten, dass der Antwortgeber im Schwanken seiner Entscheidung viel eher seine Teilnahme als seine Nichtteilnahme avisiert: Es würden danach zu viele Teilnehmer erwartet, wohingegen die Angabe einer Wahrscheinlichkeit nahe an die Realität führte!

3.3 Detaillierte Analyse

Nun lässt sich nach der Veranstaltung aus dem – evtl. nichtlinearen – Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeitsmitteilung und eingetretener Teilnahme weitere Information ableiten, die für nachfolgende Veranstaltungen zu einer genaueren Schätzung führen könnte. D.h. gibt es vielleicht ein unterschiedlich typisches Verhalten zwischen denen, die 0% oder 100% angeben? Und nehmen von denen, die 50% angeben, etwa doch markant

Tabelle 2: Korrigierte Teilnehmereinschätzung.

Zeile	*W-Klasse*	*0,0x*	*0,1x*	*0,2x*	*0,3x*	*0,4x*	*0,5x*	*0,6x*	*0,7x*	*0,8x*	*0,9x*	*1,00*	*Summe/Mittel*
1	n=Zahl der Fälle je W-Klasse	13	0	0	1	2	5	2	5	14	48	19	109
							0,90	0,91	0,95	0,98	0,99		
2	n	13	15		14		21	5,8	7,1	8,2	16	19	109
3	Klasse (%)	0-9%	10-70%		80-89%		90%	91-98%			99%	100%	
4	n	13	15		14		21	11			16	19	109
5	W=Σw	0,00	8,47		11,35		18,90	10,53			15,84	19,00	84,09
6	W [INT]		20				19	45					84
7	A= Σa	0	8		12		15	10			16	18	79
8			20				15	44					79
9	Abw.=Σw-Σa	0,00	0,47		-0,65		<u>3,90</u>	0,53			-0,16	<u>+1,00</u>	<u>+5,09</u>
10	Abw./Σa	0%	+6%		-5%		**+26%**	+5%			-1%	**+6%**	**+6,4%**
11	W' ist, wenn:						14,70					18,05	78,94
12	0,90 → 0,70				Verbleibende Abweichung		-0,30			Verbleibende Abweichung		-0,95	-0,06
13	1,00 → 0,95						-2%					-5%	-0,8%
14	W'= Σw' [INT]	0	8		11		15	11			16	18	79
15	Mittlere % Empf.-Distanz (vor der Tagung)	49%	59%		51%		67%	59%			50%	33%	52%
16	Mittlere % Sendezeit (nach Eingang)	51%	41%		49%		33% frühestens	41%			50%	67% spätestens	48%

mehr als die Hälfte teil? – Der in Tab. 2 niedergelegte Befund gibt dazu erste Hinweise:

Ergebnisanalyse: Bereits die Lebenserfahrung verbietet eigentlich eine 100%-Wahrscheinlichkeitsankündigung auch bei 100%iger Teilnahmeabsicht, muss doch grundsätzlich mit Krankheit und anderen Schicksalsfällen gerechnet werden. Man wird mithin diese Klasse z.B. mit 95% in die Berechnung eingehen lassen. Da es andererseits gelegentlich vorkommt, dass sich trotz mitgeteilter 0% plötzlich doch die Möglichkeit einer Teilnahme ergibt, wird vielleicht auch die 0%-Klasse mit einigen % berücksichtigt werden müssen. Infolge der diesmal erst geringen Klassenbelegung lässt sich, wenn überhaupt, erst eine nur großzügige Beziehung zwischen geschätzter und eingetretener Teilnahme erwarten.

Aufgrund der naturgemäß stark unterschiedlichen w-Klassenbelegung wurde die Verteilung zu einer relativ gleichbelegten siebenteiligen Klasseneinteilung zusammengefasst (Tab. 2, Zeilen 1–4). Stellt man darin die erwarteten w-Teilklassensummen den a-Summen der wirklich Erschienenen gegenüber, so ergibt sich bis auf $< 6\%$ Abweichung eine hinreichende Übereinstimmung zwischen geschätzter und eingetretener mittlerer Teilnahme in allen Bereichen – bis auf eine Ausnahme von 26% (siehe Zeile 10)!! Ganzzahlige Abweichungen der Personenzahl ergeben sich nur bei der $w = 100\%$-Klasse ($\Delta n = 1$) und vor allem bei der $w = 90\%$-Klasse ($\Delta n = 4$) (siehe Zeile 9). Abb. 1 macht das Gewicht letzterer Abweichung deutlich, zumal sich diese Klasse auf ein Fünftel aller Einsender stützen kann!

Dass in der Klasse der sich zu 100% Angesagten statt 19 nur 18 erschienen, entspricht unserer bereits geäußerten Lebenserfahrung; man sollte also alle $w = 100\%$-Werte etwa auf 95% korrigieren. Die krasse Abweichung in der 90%-Klasse, die sich übrigens auch bei

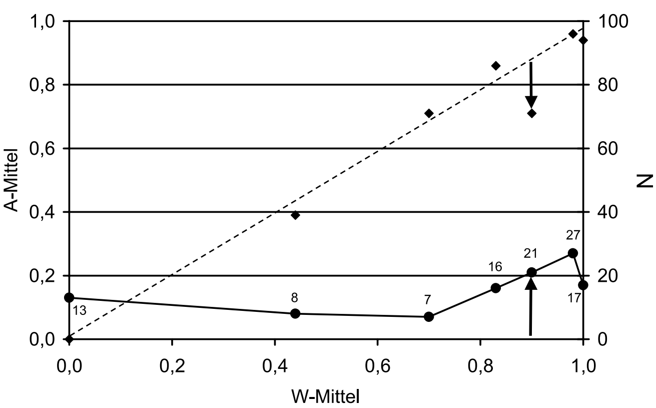

Abbildung 1: Relation zwischen erwarteten (W) und erschienenen (A) Teilnehmern, ausgedrückt in % vom Möglichen je w-Klasse. Extreme Abweichungen bei den sich mit $w = 90\%$ Ankündigenden! N: Anzahl je w-Klasse.

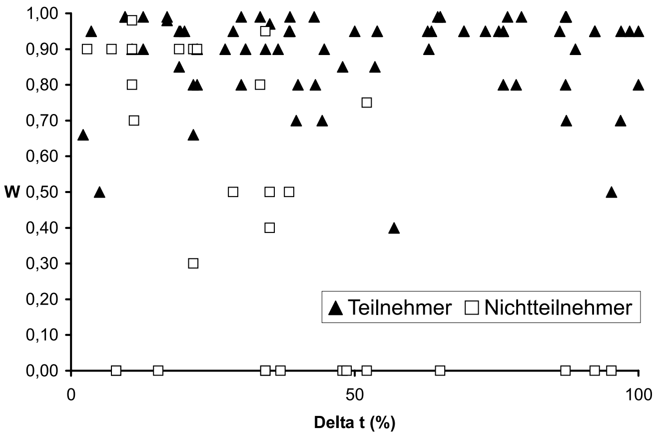

Abbildung 2: Gesamte zur Verfügung stehende Information: Geschätzte und tatsächliche Teilnahme sowie Eingangstermin von 109 Einsendungen.

Einzelbetrachtung der drei Teilkollektive verdeutlicht (80%, 20% und 16% Überschätzung), ist offenbar ein Sonderfall, der auch durch sein Meldedatum auffällt: Während die anderen Gruppen sich im Mittel nahe Ablauf der halben Meldezeit melden, gehen die Antworten der 90%-Klasse im Mittel bereits nach einem Drittel dieser Zeitspanne ein; die 100%igen Zusagen demgegenüber erst nach zwei Dritteln, also doppelt so spät (siehe Tab. 2 Zeile 15 u. 16)! Es handelt sich also um den Typ der eher kurzentschlossen Antwortenden, die Unbekümmerteren, die sich großzügig mit der runden 90%-Wahrscheinlichkeitsangabe zunächst einmal sozusagen Distanz schaffen. Dem endgültigen Resultat nach hätten sie besser 70% angeben sollen (s.a. Tab. 1 Zeile 10). Und auf diesen Wert $w' = 70\%$ sollte der Veranstalter bei seinen Berechnungen auch alle $w = 90\%$-Angaben reduzieren!

Mit diesen beiden Korrekturen aller Einzelwerte von $w'(w = 1) = 0{,}95$ und $w'(w = 0{,}9) = 0{,}7$ gesetzt, ergibt sich die verbesserte Schätzung der Gesamtzahl W': Die Abweichung in den Einzelkollektiven beträgt maximal knapp 2 Personen (+9%, –1%, –5%) (Tab. 1, Zeile 4); beim Gesamtkollektiv tritt nun keinerlei Abweichung mehr auf (Tab. 2, vergleiche Zeile 7 gegen 14)! – Dieses Ergebnis sollte doch eine wesentliche Entlastung bei den Entscheidungen in Aussicht stellen, die von der Teilnehmerzahl abhängen.

3.4 Dynamische Betrachtungen

Wenn man nicht von einem rechtzeitigen und rigoros eingehaltenen Anmeldeschluss ausgehen kann, dann nützt auch das genaue Wissen der Teilnehmerzahl erst knapp zu Veranstaltungsbeginn meist wenig; es kommt einfach zu spät. Die dringende Bitte des Veranstalters um möglichst vollständige frühzeitige Anmeldung bleibt meist fruchtlos und irreal. Es ist dann das evtl. typische zeitliche Streuverhalten, welches einen interpretierbaren, d.h. auch extrapolierbaren Verlauf erhoffen lässt.

Das weitere Bemühen geht also dahin, den Zeitverlauf der eingehenden Wahrscheinlichkeitswerte auf seine Extrapolationsfähigkeit zu analysieren. Mithin gilt es, die weitere Information, die im Kollektiv der Wertetripel (Sendereinschätzung, Senderteilnahme und Sendezeit) verborgen sein mag, auszukundschaften. Dabei ist lediglich das, was in der Graphik Abb. 2 dargestellt ist, wohlgemerkt alles, was uns an Information zur Verfügung steht! Diese erscheint auf den ersten Blick recht dürftig und wenig vielversprechend, und es mag vielleicht erstaunen lassen, welche Einsichten sich dennoch extrahieren lassen.

Den weiteren Betrachtungen wird nurmehr das Gesamtkollektiv (ABC) mit 109 Einsendungen zugrundegelegt, wobei sowohl die Teilnehmerzahl wie die Einsendezeitspanne auf 100% normiert wurden.

3.4.1 Wunsch

Aus Gründen einer leichteren Extrapolation wäre ein linearer Verlauf der Summenhäufigkeit $\sum w'(\Delta t)$ wünschenswert und notfalls mittels rechnerischer Operationen anzustreben.

3.4.2 Realität

Abb. 3 zeigt den Summenhäufigkeitsverlauf $\sum w'(\Delta t)$, der jedoch nicht durchgehend linear verläuft. Er lässt sich wohl hinreichend durch einen linearen Verlauf beschreiben, der aber bei etwa $\Delta t = 40\%$ einen Knick hat. (Ähnlich zeigen sich übrigens auch die drei Teilkollektive A, B und C mit Knicken bei etwa 50%, 40% und 30%; siehe Abb. 4). Die zu senkrechten Punktfolgen führenden Ausbuchtungen im Verlauf gehen lediglich auf die Häufung der Posteingänge nach Wochenenden u.ä. zurück und sind entsprechend eliminiert zu denken. Die zeitlichen Streckungen und Lücken korrelieren z.T. mit Feiertagssequenzen und typischen Urlaubsphasen.

3.4.3 Formales Vorgehen

Setzt man den hier vorgefundenen Verlauf als typisch voraus, so führt die lineare Extrapolation auf Basis der

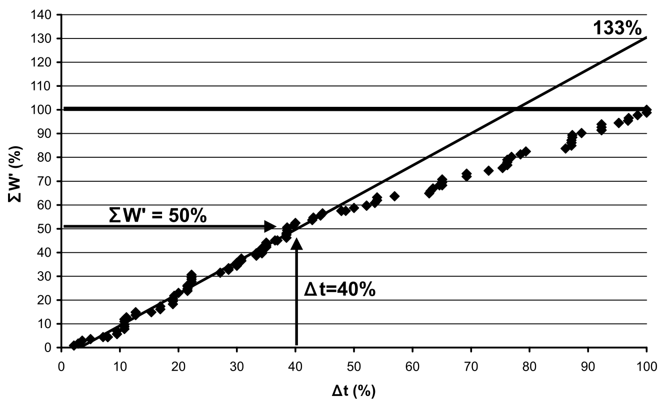

Abbildung 3: Ab $\Delta t = 40\%$ extrapolierter und tatsächlicher Verlauf der Wahrscheinlichkeitssumme, aufgetragen über die Einsendezeit.

Tabelle 3: Anmeldezeiten der Teilnehmer.

Zeile	*Serie*	*A*	*B*	*C*	*ABC*	*IUGG*
1	Einladungsdatum	11.07.1975	15.03.1976	17.11.1977	alle drei	01.02.1983
2	Tagungsbeginn	28.11.1975	19.05.1976	19.01.1978	Tagungen	15.08.1983
3	Anlaufzeit [Tage]	140	65	63	83	195
4	Antworten = E	33	38	38	109	
5	Angekommene = A	20	29	30	79	2850
6	50% der Gekommenen =	10	14,5	15	39,5	1425
7	meldeten sich spätestens: wie viele Tage voraus [Tage] =	91	39	38	51	74
8	nach prozentualer Ablaufzeit =	38%	40%	40%	39%	62%
9	nach 40% Ablaufzeit [Tage] = hatten sich gemeldet	56	26	25	33	78
10	Anzahl der erwarteten Teilnehmer	11,70	14,66	13,90	41,38	570
11	Anzahl Teilnehmer	58%	51%	48%	52%	20%
12	An- und unangemeldete Teilnehmer	37	41	53	131	
13	Unangemeldete Teilnehmer	17	12	23	52	
14	Unangemeldet/Angemeldet	88%	41%	77%	66%	
15	„Knick" bei Ablaufzeit-% (in etwa)	50%	40%	30%	40%	

ersten 40% Meldezeit zu etwa 133% W' des Endstandes bei 100% Δt. Die zu ermittelnde Teilnehmerzahl wäre dann 3/4 des bei $\Delta t = 100\%$ abzulesenden W'-Wertes. Oder: Nach 40% Meldezeit ist man gerade auf die Hälfte der endgültigen Teilnehmerzahl gekommen (Gilt ungefähr wiederum auch – unabhängig von der Knicklage – für alle drei Teilkollektive einzeln! Siehe Tab. 3, Zeile 11). Oder man wartet besser erst den nach $\Delta t = 40\%$ einsetzenden Wahrscheinlichkeitssummenverlauf ab, um dann direkt auf den bei $\Delta t = 100\%$ durch Extrapolation zu schätzenden W'-Wert zu schließen. Nach zwei Drittel der Meldezeitspanne sollte sich bereits eine hinreichend gute Schätzung anbieten.

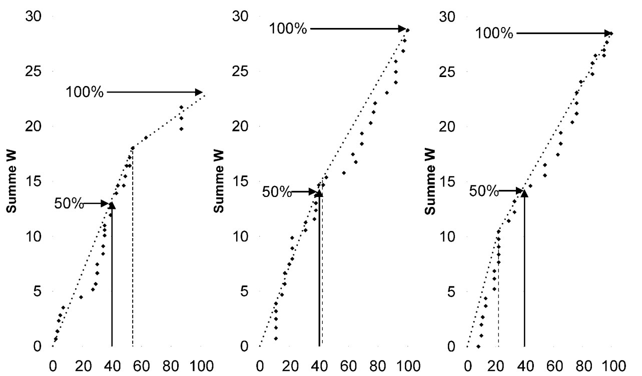

Abbildung 4: Summenverlauf der Wahrscheinlichkeitsschätzung in Abhängigkeit von der Posteingangszeit; getrennte Betrachtung der drei Veranstaltungen A (Links), B (Mitte) und C (Rechts).

3.4.4 Kausales Vorgehen

Was sind die Gründe für die nach oben gerichtete „störende" Ausbeulung der $\sum w'(\Delta t)$-Funktion, und ließe sich diese eliminieren, zumindest aber reduzieren? Summenhäufigkeitsverteilungen, die sich durch einen markanten Knick auszeichnen, deuten meist auf ihre Generierung durch zwei deutlich differenzierte Kollektive. In unserem Fall wäre dafür eine sich überlappende Aufspaltung in sich typisch differenzierende Früh- und Späteinsendern zu vermuten. (Das Sendeverhalten der bereits anderweitig auffälligen Gruppe, die ihr Kommen bereits frühzeitig für rund 90% – und damit um 20% zu hoch! – wahrscheinlich hält, wäre dafür ein Indiz). Als Gründe kommen Zeitabhängigkeiten im Einsendetermin als auch in der Wahrscheinlichkeitsangabe in Frage:
a) *Der Eingang der Anmeldungen über die gesamte Zeit ist nicht gleichverteilt, sondern es gibt relativ mehr Früh- als Späteinsender!* Abb. 5 belegt diese Erwartung. Sie macht grob gesehen eine Zweiteilung in Früh- und Spätmelder deutlich, wobei erstere markant überwiegen. Über die Hälfte der Antworten lag bereits nach 40% der Anmeldezeit vor (s. Tab. 3, Zeile 11). – Die Differenzierung zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern

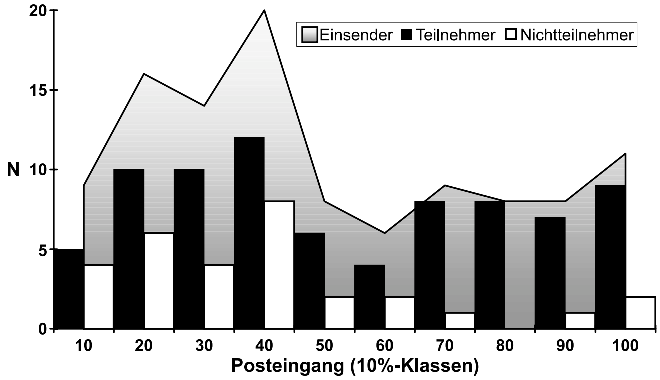

Abbildung 5: Zeitliche Verteilung der Posteingänge, auch für Teilnehmer und Nichtteilnehmer getrennt betrachtet.

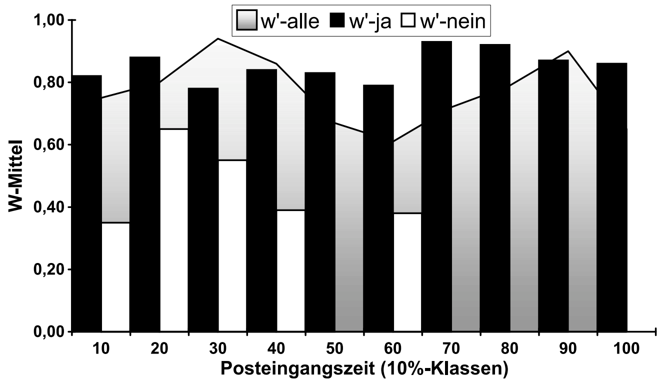

Abbildung 7: Im Mittel geschätzte Wahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Posteingangszeit, auch für Teilnehmer und Nichtteilnehmer getrennt betrachtet.

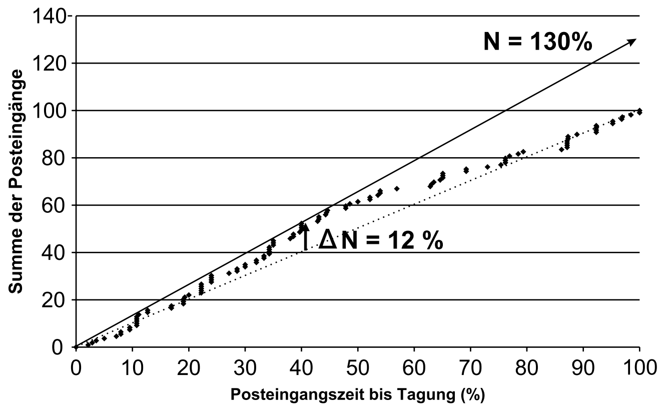

Abbildung 6: Summenverlauf der Posteingänge in Abhängigkeit von der Posteingangszeit.

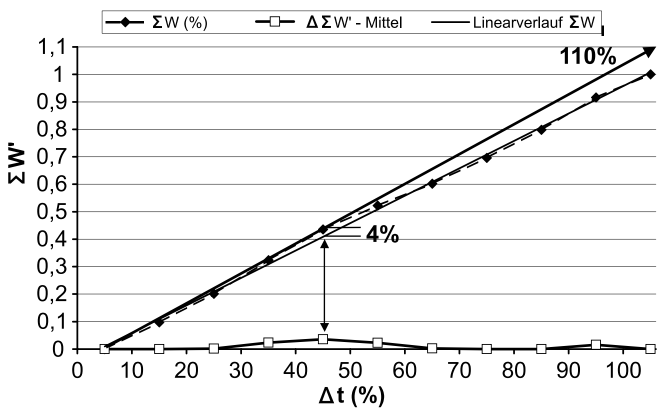

Abbildung 8: Aufsummierung der zeitlich gemittelten Wahrscheinlichkeit über die Posteingangszeit; Abweichung vom linear gedachten Verlauf.

macht deutlich, dass das frühzeitliche Häufigkeitsmaximum wesentlich von den Nichtteilnehmern geprägt wurde. In der zweiten Zeithälfte melden sich nur noch wenige Nichtteilnehmer, und dann auch nur noch absagend.

Die Folge des frühzeitlichen Meldemaximums ist eine markante Ausbeulung im Summenhäufigkeitsverlauf bis zu 12%-Punkte Abweichung vom Linearverlauf (Abb. 6). Eine linear weitergeführte Extrapolation würde bei $\Delta t = 100\%$ zu rund 30%-Punkte Abweichung führen.

b) *Die Wahrscheinlichkeitsangaben sind zeitabhängig: Frühmelder geben im Mittel eine höhere Wahrscheinlichkeit als Spätmelder an.* Und tatsächlich weist die mittlere Wahrscheinlichkeit im Zeitverlauf $w(\Delta t)$ eine Zweiteilung auf, diesmal jedoch um zwei sich ähnelnde Maxima, wobei das im Frühmeldebereich das größere Maximum ist (Abb. 7). Die daraus resultierende Summenhäufigkeitsfolge $\sum w(\Delta t)$ weicht ähnlich wie unter a), allerdings nur bis zu 4%-Punkte vom Linearverlauf ab (Abb. 8). Eine linear weitergeführte Extrapolation würde bei $t = 100\%$ diesmal nur zu rund 10%-Punkte Überschätzung führen.

c) *Ein besonderer Grund für dieserart Abweichung liegt in einer systematischen Fehleinschätzung der Anmeldenden. Abb. 9 zeigt die Zeitabhängigkeit des Verhältnisses: Frühmelder überschätzen, Spätmelder unterschätzen ihr Kommen eher!*

Unterscheidet man auch hier wieder zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern (Abb. 7), so wird deutlich, dass die Zeitabhängigkeit der Wahrscheinlichkeitsangabe überwiegend vom Fehlverhalten der Nichtteilnehmer bestimmt wurde; denn drei Viertel von ihnen kündigen sich in den ersten 40% des Zeitablaufs im Mittel irrigerweise zu rund 50% an, in der zweiten Zeithälfte dagegen durchweg und richtigerweise nur

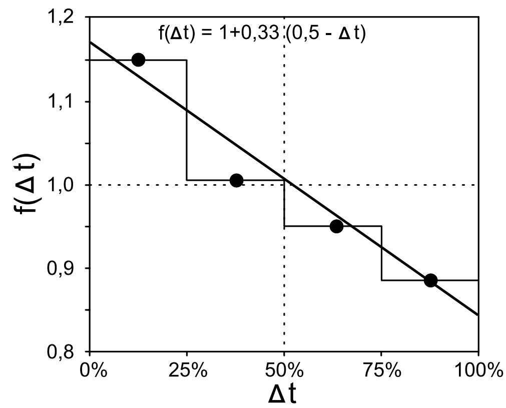

Abbildung 9: Fehleinschätzung: Mittlere Abweichung der geschätzten von der tatsächlichen Teilnahmewahrscheinlichkeit im Verlauf der Posteingangszeit.

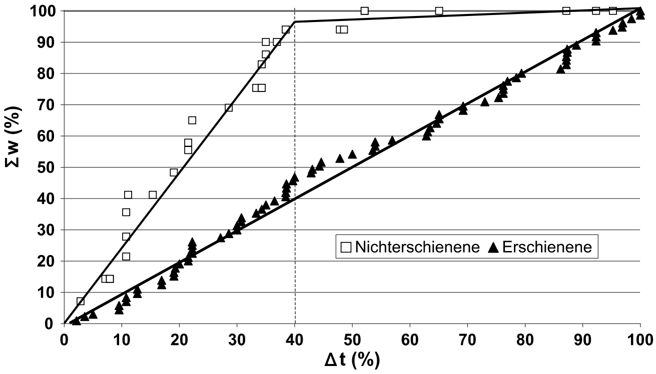

Abbildung 10: Summenverlauf der geschätzten Teilnahmewahrscheinlichkeit, getrennt nach Teilnehmern und Nichtteilnehmern.

noch zu 0%! Das führt im Gegensatz zum nur leicht gekrümmten Summenhäufigkeitsverlauf bei den Teilnehmern zu einem extremen Knick bei den Nichtteilnehmern (Abb. 10). Da aber naturgemäß vor Tagungsbeginn nicht zwischen Teil- und Nichtteilnehmern unterschieden werden kann, ist dieses Resultat lediglich als – nicht prospektiv verwertbare – psychologische Erkenntnis zu bewerten.

Für eine Berücksichtigung der Fehleinschätzung vor der Tagung kann man nur die Gesamtheit der sich Meldenden (Teilnehmer und Nichtteilnehmer) zugrundelegen. Der Fehler lässt sich wie folgt beschreiben und berücksichtigen: Die im ersten Viertel der Zeitspanne eingehenden Teilnahmeschätzwerte summieren sich zu 115% der tatsächlich Teilnehmenden aus dieser Gruppe, die im letzten Zeitviertel einlaufenden unterschätzen sich entsprechend zu nur 88%. Der Verlauf dieser Fehleinschätzung ist hinreichend linear, nämlich durch die Funktion

$$f(\Delta t) = \frac{\Delta \sum w'}{\Delta \sum \Delta t} = 1 + 0{,}33(0{,}5 - \Delta t) \tag{3.1}$$

zu beschreiben (Abb. 9). – Auch die Aufsummierung dieses Fehlverhaltens führt zu einer gekrümmten Folge mit einer Aufbeulung bis zu 4% Abweichung (Abb. 11), Eine über $\Delta t = 40\%$ hinaus linear weitergeführte Extrapolation würde bei $\Delta t = 100\%$ ebenfalls zu rund 10%igen Teilnahmeüberschätzung führen, die

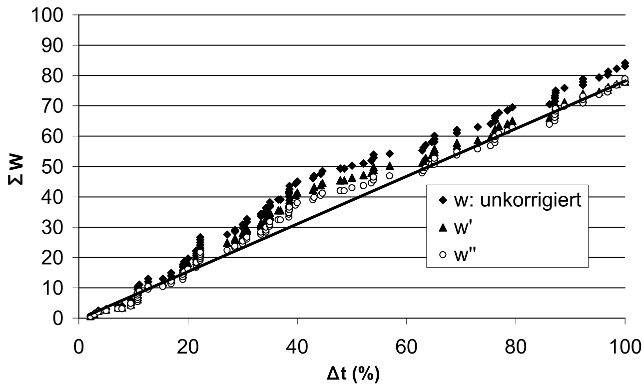

Abbildung 12: Verlaufsvergleich der Wahrscheinlichkeitssummen. w: Werte sind unkorrigiert; w': $w = 100\%$ zu $w' = 95\%$ und $w = 90\%$ zu $w' = 70\%$ korrigiert; w'': zeitliche Fehleinschätzung der Wahrscheinlichkeit (s. Abbildung 9) zusätzlich korrigiert.

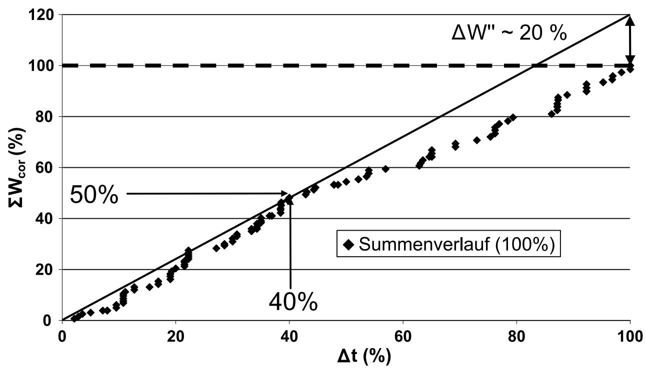

Abbildung 13: Summenverlauf der Wahrscheinlichkeitsschätzung nach Korrektur beider Fehleinschätzungen (s. Abbildung 9).

sich jedoch durch Korrektur der eingehenden Einzelwerte $w'(\Delta t)$ gemäß Abb. 9 eliminieren liesse. Abb. 12 macht beispielhaft den durch unsere Korrekturen erreichten Linearisierungseffekt deutlich. Es bleibt dann im wesentlichen nur die durch die Posteingangssystematik hervorgerufene Krümmung (Abb. 13).

Im übrigen: Hätten sich – in klassischer Weise – nur die Teilnehmer gemeldet und verbindlich zugesagt, so wäre ein Erwartungssummenverlauf mit ähnlicher Knicklage die Folge gewesen (Abb. 14): Die lineare Extrapolation über die ersten $\Delta t = 40\%$ hinaus hätte zu ei-

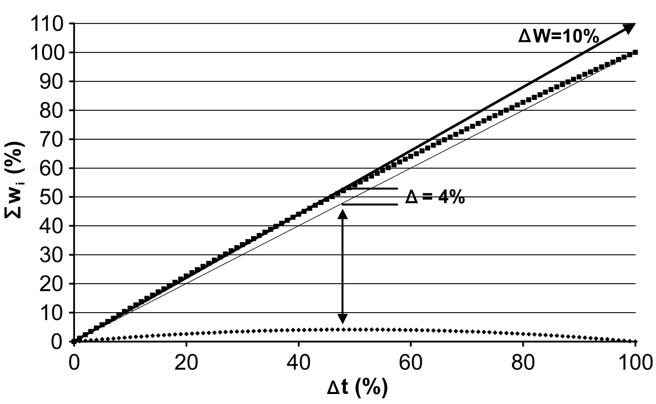

Abbildung 11: Summenverlauf der Fehleinschätzung gemäß Abbildung 9; Abweichung vom linearen Verlauf.

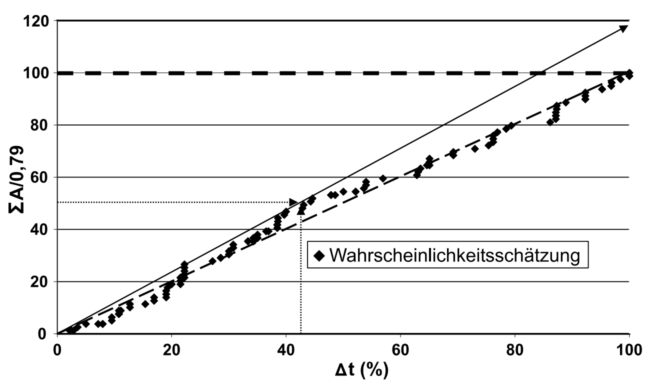

Abbildung 14: Summenverlauf der Teilnehmer, wenn diese 100%ig zugesagt hätten.

ner 20%igen Überschätzung geführt. Auch hier kommt der beherrschende Einfluß des zeitlichen Meldeverhaltens zum Ausdruck.

3.5 Fazit

Die eine Extrapolation störende Abweichung vom linearen Zeitverlauf wird entscheidend von der Systematik des Posteingangs geprägt; sie ist mit 12% dreimal so groß wie die durch die systematische Zeitverteilung der Wahrscheinlichkeit. Da man ihr jedoch eine einfache Gesetzmäßigkeit noch nicht wird zusprechen können, wäre ein Eliminierungsversuch nur spekulativ und demzufolge willkürlich. Dagegen scheint die Fehleinschätzung der Wahrscheinlichkeit einer einfachen Abhängigkeit zu folgen, die eine systematische Eliminierung rechtfertigen mag. Jedenfalls führt die Eliminierung der dadurch bedingten Abweichung gemäß Korrektur nach

$$w'' = w'(\Delta t)/f(\Delta t) \tag{3.2}$$

zu einer leichten Begradigung im mittleren Summenhäufigkeitsverlauf $\sum w'(\Delta t)$ und damit zur etwas sichereren Extrapolation als bei dem rein formalen Vorgehen (siehe Abb. 11).

Klarstellung: Die Eliminierung der Zeitabhängigkeit der Selbsteinschätzung nach c) beeinflusst nicht die Endsummenschätzung der Teilnehmerzahl, sondern nur den Verlauf der Summenfolge im Sinne einer günstigen Linearisierung!

4 Resümee

4.1 Psychologische Erkenntnisse

1. Es machen viermal mehr Gebrauch von einer Wahrscheinlichkeitsaussage zwischen 1 und 99% als einer von 100%, was für die Akzeptanz der Fragestellung spricht.
2. Die potentiellen Teilnehmer sind in der Lage, die Wahrscheinlichkeit ihres Erscheinens derart hinreichend treffend einzuschätzen, dass selbst auf ein kleines Kollektiv angewandt, der Veranstalter darauf bauen kann.
3. Das Schicksal einer 0%igen Teilnahme kann auch die zu 100% Gewissen treffen.
4. Die sich mit genau 90% Wahrscheinlichkeit Avisierenden bilden eine – große und isolierte – Clique für sich: kurzentschlossene optimistische Frühmelder, die sich um volle 20%-Punkte – quasi absichernd – überschätzen.
5. Die Gesamtheit der Anmeldenden tendiert zu einer Polarisierung in Früh- und Spätmelder.
6. Je *eher* sich einer meldet, desto mehr *über*schätzt, je *später* sich einer meldet, desto mehr *unter*schätzt er sein Kommen.
7. Die frühzeitliche Überschätzung geht praktisch nur von den letztlich Nichtteilnehmenden aus, die größtenteils eine $w = 0\%$ wesentlich übersteigende Wahrscheinlichkeit angaben. Hingegen sind alle in der zweiten Halbzeit mehr als 0% angebenden Einsender auch wirklich gekommen!
8. Ohne geeignete Druckmittel gibt es zu viele „Spielverderber", die ohne Voranmeldung erscheinen. Wie schon anderweitig bekannt: Wer sich als Ausnahmefall betrachtet, ist doch meist nur ein gewöhnlicher Fall im großen Teich der Dunkelziffer.

4.2 Kritisches zur Dunkelziffer

Unsere statistische Betrachtung konnte sich nur auf diejenigen beziehen, die eingeladen waren und auf die Einladung geantwortet haben. Praktisch jedoch wurde unser noch so erfreuliches Ergebnis leider stark durch das Erscheinen unangemeldeter Teilnehmer relativiert; sie bedingten im Mittel eine Steigerung um über die Hälfte (s.a.Tab. 3)! Es sind zum einen die, welche gar nicht eingeladen waren. (Dennoch freut sich der Veranstalter natürlich auch über diesen unerwarteten Zustrom, – zieht jedoch daraus seine Lehren!). Zum anderen sind es die Eingeladenen, die sich entweder die – vom Statistiker aus gesehen – *falschen* Gedanken machen (*Er weiß ja ohnehin, dass ich komme; versteht sich von selbst, da ich Vortragender bin* usw.), oder die sich *gar keine* Gedanken machen (*Ging doch bisher auch immer so*) und wohl noch nie organisatorisch verantwortlich planend waren. Mahnungen helfen bekanntermaßen wenig. Was generell allein Abhilfe erhoffen lässt, das sind evtl. Druckmittel, wie sie leider nur bei Veranstaltungen gegeben sind, die mit verbindlichen Auflagen verbunden sind (Tagungsbeitrag, Teilnehmerbegrenzung). Am ehesten bietet sich zudem eine zeitliche (saftige!) Beitragsstaffelung an. Der Verweis auf die dennoch (Zu)Spätmelder bietet dem Veranstalter immerhin die ihn erleichternde Möglichkeit, bei unerwartet sich einstellender Raumüberfüllung gerechtfertigt sich hinreichend zu entlasten (irgendwo zwischen Entschuldigung und Entrüstung).

4.3 Empfohlene, evtl. schrittweise Vorgehensweise

Die Empfehlungen beziehen sich zunächst auf Einladungen, bei denen sich der potentielle Teilnehmer frei und unverbindlich äußert, sich also weder unter terminlichem noch unter pekuniärem Druck entscheidet!

1. *Einfache Schätzung*: Man betreibt die traditionelle Fallunterscheidung und fragt nur nach „Teilnahme" oder „Nichtteilnahme". Am ehesten rechnet man mit 85% der die „Teilnahme" Ankündigenden.

2. *Erweiterte Schätzung:* Man bittet die Eingeladenen zu beantworten: „Ich nehme mit ......% Wahrscheinlichkeit an der Veranstaltung teil." Die Summe W der mitgeteilten Wahrscheinlichkeiten w um ca. 5% gekürzt, stellt im Mittel eine nachgewiesen bessere Schätzung dar. – Eine bequeme Näherung liegt in der vollständigen Zählung lediglich derjenigen, die $w \geq 80\%$ angegeben haben.
3. *Fortgeschrittene Schätzung:* Die sich mit 100% Wahrscheinlichkeit Meldenden werden auf 95%, vor allem aber die mit $w = 90\%$ auf 70% gesetzt, da diese ihr Kommen wesentlich überschätzt haben. Die Summe der derart korrigierten w-Werte sollte zu einer verbesserten Schätzung der wirklichen Teilnehmerzahl führen.
4. *Zeitabhängige Schätzung:* Die Summenhäufigkeitsfolge über die Eingangszeit der Anmeldungen aufgetragen, kann sich nach Ablauf einer hinreichenden Startphase einem linearen Verlauf nähern, der durch Extrapolation bis zum Veranstaltungstermin bzw. Meldeschlusstermin auf die dann zu erwartende Teilnehmerzahl schließen lässt. – Die Stringenz der vorliegenden Ergebnisse bezieht sich auf Veranstaltungen mit rund 40 bis 110 eingegangenen Meldungen und einer Meldezeitspanne, die ein Vierteljahr nicht wesentlich überschreitet. Falls sich die hier betrachteten Serien (d.h. auch Art der Veranstaltung und Teilnehmer!) als typisch erweisen sollten, wäre von einem „Knick" in der Verteilung bei $\Delta t = 40\%$ auszugehen. Auf dieser Basis kann man schließen: Es ist etwa die doppelte Anzahl an Teilnehmern zu erwarten wie die, welche sich nach 40% Ablauf der Meldezeit errechnen lässt (Abb. 3).
5. *Kausale Linearisierung:* Durch Korrektur der Selbstüberschätzung der Frühmelder und der Selbstunterschätzung der Spätmelder ließe sich die Summenfolge $W = \sum w'(t)$ weiter linearisieren, d.h. der Knick verflachen und damit die Extrapolationsunsicherheit eingrenzen:

$$w''(\Delta t) = \frac{w'(\Delta t)}{f(\Delta t)} \tag{4.1}$$

mit

$$f(\Delta t) = 1 + \frac{0{,}5 - \Delta t}{3} \quad . \tag{4.2}$$

Ob sich der operationelle Aufwand für dieserart Linearisierung lohnt, mag der Einzelfall entscheiden.
6. *Verweis:* Dass die Hoffnung auf relativ lineare Verläufe – auch ohne Linearisierungsbemühungen – nicht unberechtigt ist, zeigt das aufgefundene Beispiel der folgenden Großveranstaltung mit – allerdings traditionell erfragten – 2850 (!) Registrierungen:

Nach der 18. Generalversammlung der IUGG 1983 in Hamburg wurde in den „Mitteilungen der DMG" 1/84 (S. 49) über den Zeitpunkt der Einschreibung berichtet und das „Verhalten" der Tagungsteilnehmer beklagt, welches „jede Tagungsplanung zu einem Hazardspiel" werden ließe; denn „zwei Monate vor Tagungsbeginn hatte sich ... erst die Hälfte der schließlich erschienenen Tagungsteilnehmer gemeldet" (s. Tab. 3). – Man betrachte jedoch nur allein die graphisch aufgetragene Folge der mitgeteilten Registrierzahlen (siehe Abb. 15): Sie lässt sich ohne Mühe bereits drei Monate vor Tagungsbeginn hinreichend genau auf die Endzahl linear extrapolieren! Es ist nicht nur das Gesetz der großen Zahlen, es ist auch das offenbar gesetzmäßige Verhalten einer Menschenmasse, welches Prognosen aussichtsreich erhoffen lässt, – wie wir es spätestens seit den Hochrechnungen bei Wahlen kennen!

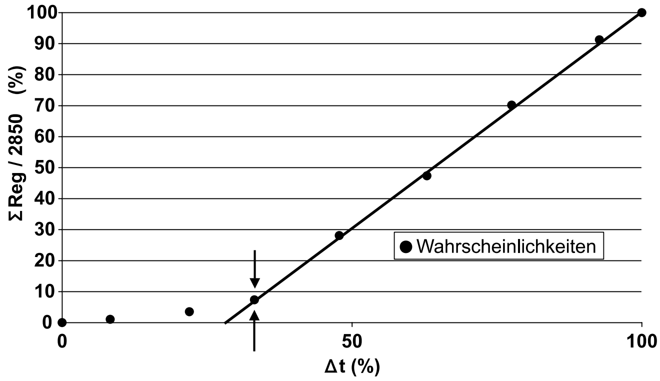

Abbildung 15: Summenverlauf der Meldungseingänge in Abhängigkeit von der Meldezeit für die IUGG-Tagung 1983. Der Linearverlauf startet erst 4,5 Monate vor der Tagung. Erste Schätzungen sind erst 3 Monate vor der Tagung schlüssig! Nach dem ersten Drittel ab dem Start sind mehr als 90% der Meldungen linear eingeordnet.

4.4 Entwicklungsmöglichkeiten

Hat man erst einmal ein wesentlich größeres Studienmaterial gesammelt, so lässt sich das Schätzverfahren durch Berücksichtigung weiterer - und zwar durchaus feststellbarer! - Komponenten vertiefen. Dies führte dann zu weiteren Wichtungsfunktionen. Denkbar, zumindest entschuldbar, wären Abhängigkeiten vom Ort (Distanz; Postleitzahl), vom Alter und gar vom Titel (warum nicht auch vom Geschlecht?) eines Eingeladenen. Jedenfalls ist das eine Spielwiese für Statistiker (und Soziologen). Man sollte die Gelegenheit solcher Erkundigungen insbesondere im Rahmen größerer Veranstaltungen keinesfalls ungenutzt lassen! – Ist der passendste Algorithmus erst einmal erkundet und programmiert, dann ist der operationelle Aufwand, gemessen am Informationsgewinn und an der Entscheidungserleichterung, vergleichsweise gering.

5 Epilog

Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse sei nochmals darauf verwiesen, dass sich die ganze durchspielte Untersuchung lediglich auf insgesamt nur 109 Wertetripel aus drei Serien stützt. Die Deutlichkeit und

Schlüssigkeit der Befunde mag daher umso mehr Beachtung verdienen, auch wenn diese nicht durch eine Fehlerrechnung gesichert sind! Es ist oft erstaunlich, wie sich bereits eine eng begrenzte Gruppe von Individuen den Regeln von Massenerscheinungen zu unterwerfen scheint, ungeahnte Ordnungen annimmt und ihr Verhalten durch das Instrumentarium der Statistik erahnen oder gar durchschauen lässt. Das sollte man viel öfter nutzen! – Statistik kann zwar gewünschtes Endwissen nicht erzwingen, kann aber (Noch-)Nichtwissen eingrenzen! Statistik bietet uns keine Gewissheiten, aber Rechtfertigungen. Statistik kann zwar menschliches Verhalten nicht außer Kraft setzen, kann es aber durchschaubarer und in der Menge kalkulierbarer machen!

Danksagung

Für die Umsetzung des Ausgangsmanuskriptes und die Bearbeitung bzw. Herstellung von Abbildungen und Tabellen, sowie die Bereitstellung dieses Textes im Internet bin ich Herrn A. SPEKAT zu großem Dank verpflichtet.