

Das Multimomentverfahren

Dipl.-Ing. Roland FALB (REFA-Lehrer)

1. Bedeutung des Multimomentverfahrens

Um sinnvolle Entscheidungen treffen zu können, bedarf es einer Reihe von Informationen. Sie müssen einerseits aktuell und umfassend sein, sollen andererseits aber möglichst billig erhoben werden können. Die Verwendung des Multimomentverfahrens stellt nun eine Möglichkeit dar, diese Forderungen bei der Beschaffung von zahlenmäßigen Informationen zu erfüllen. Dabei bietet das Multimomentverfahren ein breites Anwendungsspektrum [3]:

- Ermittlung von betrieblichen Kennzahlen, wie z. B. Mechanisierungsgrad, Auslastungsgrad, Arbeitskräftebedarf, etc.
- Untersuchungen über Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit der Fertigungsplanung und -steuerung
- Ermittlung der Verteilzeitzuschläge im Rahmen der Vorgabezeitermittlung

Der Erfinder des Multimomentverfahrens ist der Engländer Tippett, der vor 1934 als Statistiker der British Cotton Industry Research Association mathematisch-statistische Verfahren für Arbeitsuntersuchungen anwandte und dabei das Multimomentverfahren schuf [4].

2. Grundgedanke des Multimomentverfahrens

Nach der Definition von REFA versteht man unter dem Multimomentverfahren »das Erfassen der Häufigkeit zuvor festgelegter Ablaufarten an einem oder mehreren gleichartigen Arbeitssystemen mit Hilfe stichprobenmäßig durchgeführter Kurzzeitbeobachtungen« [3]. Das Multimomentverfahren ist damit ein Stichprobenverfahren, das sich bestimmter Regeln der mathematischen und analytischen Statistik bedient [1].

Das Grundprinzip des Multimomentverfahrens soll an einem kurzen Beispiel erläutert werden: In einem bestimmten Zeitraum wurden bei der Beobachtung einer Maschine insgesamt 1.000 einzelne Kurzzeitbeobachtungen durchgeführt. Dabei trat das Beobachtungsmerkmal »Maschine steht still« 120 mal auf. Daraus kann nun ge-

schlossen werden, daß die Maschine während 12% der Beobachtungszeit still gestanden ist:

$$\frac{120}{1000} = 0,12 = 12\%$$

Dieses Ergebnis darf allerdings nicht ohne weiteres verallgemeinert werden, denn es wurde ja nur eine stichprobenmäßige Untersuchung durchgeführt. Der tatsächliche, aber nicht bekannte, Anteil der Maschinenstillstände an der Gesamtbeobachtungszeit liegt bei der Annahme einer bestimmten Aussagewahrscheinlichkeit innerhalb eines Vertrauensbereiches (Konfidenzintervall) um den Wert 12%. Je größer die Anzahl der stichprobenartigen Beobachtungen ist, desto kleiner wird dieser Vertrauensbereich (unter der Annahme einer gleichbleibenden Aussagewahrscheinlichkeit). Es ist eine Ermessenssache, bis zu welcher Genauigkeit man die Multimomentuntersuchung durchführen möchte.

3. Das REFA-Standardprogramm

Bei der praktischen Anwendung des Multimomentverfahrens als Untersuchungsmethode spricht man auch von einer Multimomentaufnahme. Dabei kann in den Phasen der Planung und der Durchführung nach dem REFA-Standardprogramm vorgegangen werden (Bild 1). Die einzelnen Schritte dieses Standardprogrammes sollen im nachfolgenden Fallbeispiel erläutert werden.

Der sorgfältigen Planung einer Multimomentaufnahme kommt eine besondere Bedeutung zu. Einerseits muß sichergestellt werden, daß die anfallende Datenmenge (oft mehrere tausend Beobachtungen) sinnvoll ausgewertet und interpretiert werden kann, andererseits bewirkt eine sorgfältig durchdachte Vorbereitung in der Phase der Durchführung und Auswertung eine erhebliche Zeiteinsparung. Insgesamt gesehen, kann der Zeitaufwand für eine Untersuchung nach dem Multimomentverfahren erheblich niedriger angesetzt werden, als der Aufwand für alternative Untersuchungsmethoden (z. B. Zeitaufnahme mittels Stoppuhr oder anderen Zeitmeßgeräten). Auf die

wichtigsten Vor- und Nachteile des Multimomentverfahrens soll abschließend noch näher eingegangen werden.

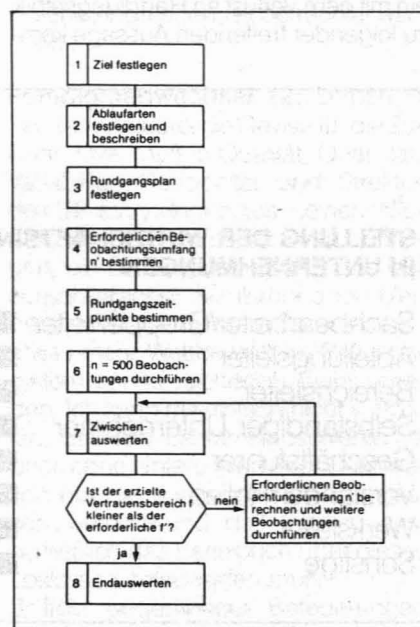


Abb. 1: REFA-Standardprogramm Multimomentaufnahme [3]

An dieser Stelle sei noch auf den umfangreichen Formularsatz verwiesen, den REFA für die Durchführung von Multimomentaufnahmen entwickelt hat, und der bei der Planung einer solchen Untersuchung eine wichtige Hilfestellung sein kann.

4. Fallbeispiel [2, 3]

Das Vorgehen bei der Planung und Durchführung von Multimomentaufnahmen nach dem REFA-Standardprogramm soll nun anhand eines Fallbeispiels erläutert werden:

In einer Druckerei ist man bemüht, das Schneiden von Etiketten zu rationalisieren. Um einen Überblick über die Nutzung der drei Papierschneidemaschinen zu erhalten, soll eine Multimomentaufnahme durchgeführt werden.

1. Schritt: Ziel festlegen

Zunächst ist einmal das Ziel der Multimomentaufnahme zu formulieren. Damit verbunden ist auch die Auswahl der Arbeitssysteme und die Festlegung der zu beobachtenden Menschen oder Betriebsmittel.

In unserem Fallbeispiel besteht das zu

beobachtende Arbeitssystem aus vier Papierschnidemaschinen, das beobachtete Systemelement ist also ein Betriebsmittel. Das Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung des Auslastungsgrades der vier Maschinen.

2. Schritt: Ablaufarten festlegen und beschreiben

Es muß nun festgelegt werden, welche Ablaufarten bei der Beobachtung unterschieden werden sollen. Dabei gliedert man die Ablaufarten in der Regel etwas stärker, als es aufgrund der Aufgabenstellung unbedingt notwendig wäre, um so zu einer guten Übersicht über das zu beobachtende Geschehen zu gelangen. Die klare Abgrenzung der einzelnen Ablaufarten ist eine wesentliche Voraussetzung für die Aussagefähigkeit einer solchen Untersuchung. Die Beobachtungsperson muß mit einem Blick und ohne viel Nach-

rere mögliche Beobachtungsfolgen festgelegt, aus denen vor Beginn eines Rundganges eine Beobachtungsfolge zufallsmäßig ausgewählt wird.

4. Schritt: Erforderlichen Beobachtungsumfang n' bestimmen

Es stellt sich nun die Frage, wieviel Rundgänge bzw. Beobachtungen durchzuführen sind, um zu ausreichend genauen Ergebnissen zu kommen.

Im allgemeinen geht man von der Ablaufart aus, für die man sich am meisten interessiert. Das sind z. B. bei den Papierschnidemaschinen die Hilfszeiten. Der Anteil p der Hilfszeiten an der Schichtzeit ist daraufhin zu schätzen. Im Beispiel wird der Anteil $p = 30\%$ vermutet.

Weiter ist festzulegen, mit welchem absoluten Vertrauensbereich f' man diesen Anteil der Hilfszeiten ermitteln will.

Je kleiner f' ist, desto höher ist die »Güte« der ermittelten Daten, d. h. desto enger ist ihr Vertrauensbereich, und um so mehr Beobachtungen sind durchzuführen. Es sollte deshalb kein Vertrauensbereich gefordert werden, den man angesichts des vorliegenden Verwendungszwecks gar nicht benötigt.

Wie breit man den Vertrauensbereich f' vorgibt und damit die Zahl der erforderlichen Beobachtungen festlegt, hängt von der Größenordnung der Zeitanteile und deren Bedeutung im Rahmen der Untersuchung ab. Bei Auslastungsstudien wird man sich dabei nach dem größten Zeitanteil richten und für diesen z. B. $f' = 2,5\%$ fordern. Bei Verteilzeitaufnahmen wird man sich nach dem erwarteten Verteilzeitanteil bezogen auf die Wochenarbeitszeit richten und für diesen z. B. $f' = 1,0\%$ vorschreiben. Bei unserem Beispiel soll f' mit $2,5\%$ festgelegt werden.

Aufgrund des vermuteten Anteils p einer Ablaufart und des erforderlichen Vertrauensbereiches f' kann die voraussichtlich erforderliche Zahl von Beobachtungen n' ermittelt werden. Dazu bedient man sich eines Nomogramms, das später auch noch zur Auswertung der Multimomentaufnahme verwendet wird (siehe Bild 3).

Mit f' bezeichnet man den erforderlichen absoluten Vertrauensbereich und mit n' die erforderliche Zahl von Beobachtungen. Mit f dagegen bezeichnet man den tatsächlich erzielten absoluten Vertrauensbereich und mit n die bei einer Multimomentaufnahme tatsächlich erhobene Zahl von Beobachtungen.

Bei unserem Fallbeispiel muß mit einem Beobachtungsumfang von $n' = 1.300$ gerechnet werden, wenn bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95% ein absoluter Vertrauensbereich von $f' = 2,5\%$ erreicht werden soll.

5. Schritt: Rundgangszeitpunkte bestimmen

Nachdem im dritten Schritt die Beobachtungsfolge eines Rundganges und im vierten Schritt die erforderliche Zahl der Beobachtungen festgelegt wurden, müssen nun die Zeitpunkte für jeden Rundgang ermittelt werden. Wesentlich ist hierbei, daß die Beobachtungen zufällig erfolgen. Damit werden sowohl statistische Bedingungen erfüllt als auch einer unbewußten Beeinflussung der Ergebnisse durch den Beob-

1) Fertigungszeit	<ul style="list-style-type: none"> - Hauptnutzung - Nebennutzung - ablaufbedingtes Unterbrechen
2) Hilfszeit	<ul style="list-style-type: none"> - zusätzliche Nutzung - störungsbedingtes Unterbrechen - erholungsbedingtes Unterbrechen - persönlich bedingtes Unterbrechen
3) Ausfallzeit	<ul style="list-style-type: none"> - außer Einsatz

Abb. 2: Ablaufarten beim Fallbeispiel [3]

denken das beobachtete Ereignis eindeutig einer bestimmten Ablaufart zuordnen können.

In dem Beispiel der Papierschnidemaschinen wurde eine Ablaufarten-Gliederung gewählt, die sich an einer Aufteilung der Arbeitszeit orientiert, wie sie aus der Sicht der Kostenrechnung häufig vorgenommen wird:

3. Schritt: Rundgangsplan festlegen

Der Rundgangsplan soll sicherstellen, daß alle ausgewählten Systemelemente bei jedem Rundgang auch tatsächlich beobachtet werden können. Dabei sind die Beobachtungsstandpunkte und die Aufeinanderfolge der Beobachtungen festzulegen. Um das Zufallsprinzip zu wahren, werden meh-

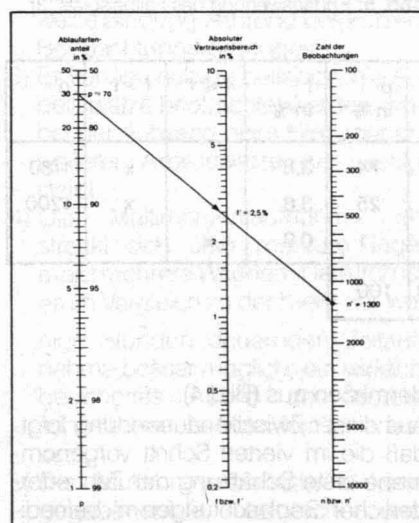


Abb. 3: Nomogramm für die Auswertung von Multimomentaufnahmen bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 95% [3]



achter und den Beobachteten vorgebeugt. Die Bestimmung der Rundgangszeitpunkte erfolgt mit Hilfe von sogenannten Stunden-Minuten-Zufallstafeln.

6. Schritt: Beobachtungen durchführen

Die Durchführung der Rundgänge geschieht zeitlich aufgrund der Rundgangszeitpunkte und räumlich aufgrund des Rundgangsplanes. Dabei wird vom Beobachter die Ablaufart notiert, die er im Moment des Vorbeigehens am zu beobachtenden Systemelement feststellt. Werden mehrere Systemelemente von einem Standpunkt beobachtet, dann wird die Ablaufart notiert, die beim ersten Hinsehen festgelegt wird.

Das Erkennen einer Ablaufart auf den ersten Blick wird um so schwieriger, je mehr Ablaufarten zu unterscheiden sind. Deshalb empfiehlt es sich, bei erstmaliger Durchführung von Multimomentaufnahmen nicht mehr als 6 bis 8 zu unterscheidende Ablaufarten zu planen. Wird bei einer Beobachtung der Übergang von einer Ablaufart in eine andere angetroffen, so notiert man grundsätzlich die vorangegangene Ablaufart.

Eine einwandfreie Dokumentation der Beobachtungsergebnisse ist natürlich Voraussetzung. Die Aufzeichnungen können auf unterschiedliche Weise erfolgen (Strichlisten, Kurzzeichen, Symbole, etc.). REFA hat eine Reihe von Formularen entwickelt, die in den verschiedenen Anwendungsfällen universell eingesetzt werden können.

Dazu wird zunächst die Gesamtzahl x der Beobachtungen jeder interessierenden Ablaufart ermittelt und der prozentuelle Anteil p an der Zahl der Gesamtbeobachtungen errechnet. Mit diesem bis zum Zeitpunkt der Zwischenauswertung beobachteten Ereignisanteil p und dem geforderten Vertrauensbereich $f' = 2,5\%$ läßt sich nun erneut (so wie im Schritt 4) mit Hilfe des Nomogramms (Bild 3) der erforderliche Beobachtungsumfang n' ermitteln.

In unserem Fallbeispiel sieht das Ergebnis bei der Zwischenauswertung nach $n = 500$ Beobachtungen für die drei Haupt-Ablaufabschnitte folgen-

den kann. Sind diese erreicht, kann die Endauswertung vorgenommen werden.

Schritt 8: Endauswerten

Die Endauswertung einer Multimomentaufnahme erfolgt in mehreren Schritten:

1. Ermittlung der Gesamtzahl x der Beobachtungen jeder Ablaufart
2. Errechnen des prozentuellen Anteils p einer jeden Ablaufart
3. Ermittlung des erzielten absoluten Vertrauensbereiches f für jede Ablaufart nach dem Nomogramm (Bild 3)
4. Angabe des Grenzbereichs $p \pm f$, in

Ablaufart	Gesamtzahl x	Anteil p	erzielter Vertrauensbereich f	Der Anteil p in % beträgt bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von $S = 95\%$	
		in %	in %	mindest.	höchst.
Hauptnutzung	130	10,9	1,8	9,1	12,7
Nebennutzung	568	47,4	2,8	44,6	50,2
ablaufbedingtes Unterbrechen	140	11,7	1,8	9,9	13,5
Fertigungszeit	838	70,0	2,6	67,4	72,6
zusätzliche Nutzung	25	2,1	0,8	1,3	2,9
störungsbedingtes Unterbrechen	174	14,5	2,0	12,5	16,5
erholungsbedingtes Unterbr.	54	4,5	1,2	3,3	5,7
persönlichbedingtes Unterbr.	85	7,1	1,5	5,6	8,6
Hilfszeit	338	28,2	2,5	25,7	30,7
Außer Einsatz = Ausfallzeit	21	1,8	0,8	1,0	2,6
nicht erkennbar	3	-	-	-	-
Summe	$n=1200$	100,0			

Abb. 5: Endauswertung des Fallbeispiels [3]

Zeitart	x	p in %	f in %	$f \leq f'$	$f > f'$	n'
Fertigungszeit	371	74	3,8		x	1180
Hilfszeit	122	25	3,8		x	1200
Ausfallzeit	7	1	0,9	x		
Summe	$n=500$	100				

Abb. 4: Zwischenauswertung des Fallbeispiels [3]

7. Schritt: Zwischenauswerten

Nach $n = 500$ Beobachtungen wird im allgemeinen eine Zwischenauswertung durchgeführt, um zu prüfen, ob die im 4. Schritt geschätzte Zahl der erforderlichen Beobachtungen n' zutreffend sein wird oder ob ein wesentlicher Schätzfehler vorlag.

dermaßen aus (Bild 4):

Aus dieser Zwischenauswertung folgt, daß die im vierten Schritt vorgenommene erste Schätzung der Zahl erforderlicher Beobachtungen n' befriedigend war und die Multimomentaufnahme bis zum Erreichen von $n' = 1200$ Beobachtungen fortgesetzt wer-

den der tatsächliche, aber unbekannte Anteilswert einer jeden Ablaufart liegt

5. Aufbau von Kontrollkarten zur Beurteilung der Aussagefähigkeit der Multimomentaufnahme

Das Ergebnis der Endauswertung bei unserem Fallbeispiel sieht folgendermaßen aus (Bild 5):

Abschließend soll die Erarbeitung von Kontrollkarten am Beispiel der Ablaufart »Hilfszeit« noch etwas näher erläutert werden: Wenn man die zeitliche Entwicklung des Endergebnisses für die Ablaufart »Hilfszeit« im Laufe der Beobachtung rekonstruiert, dann kommt man zu folgender Tabelle (Bild 6):
Stellt man Mindest- und Höchstanteil

Ende des Tages Nr.	Bisher ausgeführte Anzahl Beobachtungen n	Bisher erzielter Vertrauensbereich f für Hilfszt. in %	Mindestanteil p - f in %	Höchstanteil p + f in %
1	88	9,4	18,8	37,6
2	176	6,6	21,6	34,8
3	264	5,4	22,8	33,6
4	352	4,7	23,5	32,9
5	440	4,2	24,0	32,4
7	616	3,6	24,6	31,8
10	880	3,0	25,2	31,2
14	1200	2,5	25,7	30,7

Abb. 6: Mindest- und Höchstanteilswerte der Ablaufart »Hilfszeit« im zeitlichen Verlauf [3].

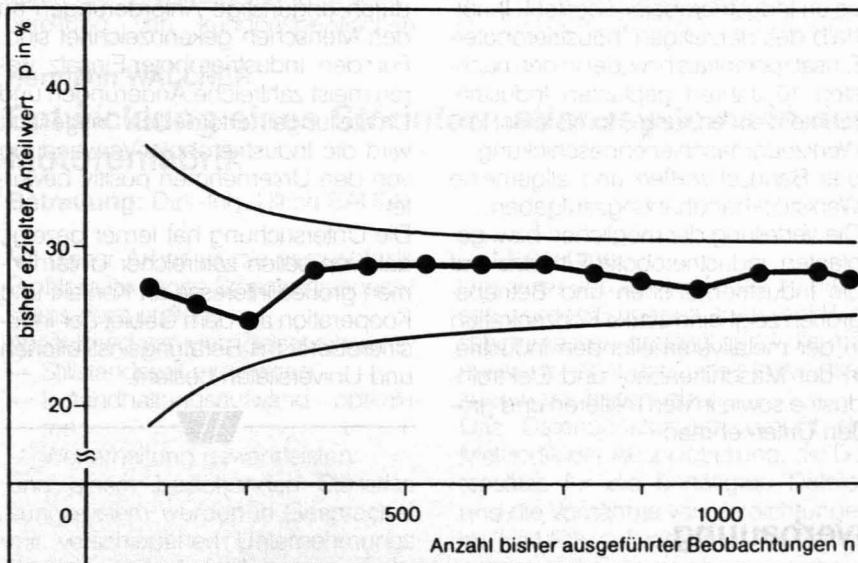


Abb. 7: Kontrollkarte zur Überprüfung der Ergebnisse bei der Ablaufart »Hilfszeit« [3]

über der Anzahl n der Beobachtungen dar, so entsteht eine Trichterkurve (Bild 7).

Trägt man in diese Darstellung den aus der bisher festgestellten Häufigkeit der Ablaufart berechneten Anteilswert ein, wie er sich am Ende jedes Tages ergibt, so entsteht wegen des ständig zunehmenden Beobachtungsumfanges eine Punktfolge, deren Schwankungen im Laufe der Multimomentaufnahme kleiner werden. Diese Darstellung bezeichnet man als Kontrollkarte. Sie liefert Hinweise über eine gestörte Multimomentaufnahme, wenn der von Tag zu Tag berechnete Anteilswert die Trichterkurve verläßt.

5. Vor- und Nachteile des Multimomentverfahrens

Als wesentliche Vorteile dieses Verfahrens können folgende Punkte angesehen werden [3]:

1) Es werden keine Meßgeräte so wie

bei der Zeitaufnahme benötigt.

2) Anstelle der dauernden Bindung des Arbeitsstudienmannes während der Zeitstudie an den beobachteten Arbeitsplatz tritt die nur zeitweise Bindung während des kurzen Beobachtungsvorganges.

3) Es können nahezu beliebig viele Arbeitsplätze beobachtet werden, wobei der Aufwand beim Hinzuziehen weiterer Arbeitsplätze nur wenig steigt.

4) Die Multimomentaufnahme erstreckt sich über mehrere Tage, meist mehrere Wochen. Dadurch ist es im Vergleich zu der meist nur wenige Stunden dauernden Zeitaufnahme besser möglich, ein wirklich gesichertes Abbild des durchschnittlichen Ist-Ablaufes zu erfassen.

5) Die Multimomentaufnahme kann gegebenenfalls unterbrochen und wieder begonnen werden ohne daß dabei Beobachtungsergebnisse an Gültigkeit verlieren.

6) Es wird für die Planung und Auswertung zwar meist ein qualifizierter Arbeitsstudienmann benötigt, für die Durchführung der Beobachtung ist aber nicht immer ein fundiertes Arbeitsstudienwissen nötig.

7) Die Auswertung geht schnell. Dazu ist eine Überwachung der laufenden Aufnahme mit Hilfe der Kontrollkarten möglich, so daß Fehler während der Aufnahme schnell erkannt werden können.

8) Der zeitliche Aufwand ist erfahrungsgemäß um 40 bis 70% geringer als bei vergleichbaren Zeitaufnahmen mit der Stoppuhr.

Die wesentlichen Nachteile des Multimomentverfahrens lassen sich folgendermaßen charakterisieren [3]:

1) Gegenüber der Zeitaufnahme kann man mit Hilfe der Multimomentaufnahme keine Auskünfte über Leistungsgrade geben und nur bedingt Aufschluß über die Gestaltung des Arbeitsplatzes und -vorganges erhalten.

2) Bewußte Beeinflussungen des Ergebnisses durch den Beobachteten lassen sich schwerer als bei der Zeitaufnahme erkennen.

3) Bei störungsbedingten Unterbrechungen ist eine Ursachenfeststellung schwierig.

4) Abwesenheitsgründe des Menschen vom Arbeitsplatz können in der Regel nicht weiter untersucht werden.

Literatur:

- [1] HALLER-WEDEL, E.: Das Multimomentverfahren in Theorie und Praxis, 2. Aufl., München 1969.
- [2] JOHN, B.; BOKRANZ, R.: Arbeitsdatenermittlung, 2. Aufl., München 1981.
- [3] REFA-Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2, 6. Aufl., München 1978.
- [4] WEBER, L.: Das Multimomentverfahren und seine praktische Anwendung, ÖKW-Veröffentlichung Nr. 41, Wien.
- [5] PORNCHLEGEL, H.; SCHIFFER, K.-H.: Die Multimomentaufnahme, Köln 1970.