

Ludo Gelders  
Dirk Cattryse

CAMPUS HANDBOEK

A large, semi-circular graphic containing a grayscale image of a hand pointing at a graph. The graph features a solid white arrow pointing upwards and to the right, with several data points connected by dashed lines. The background of the graphic is a light gray with faint, abstract geometric patterns and numbers like '36.5.2' and '3.6'.

# Technische bedrijfsvoering

Lannoo  
Campus

D/2024/45/385 – ISBN 978 90 209 0081 1 – NUR 163

Vormgeving omslag: Studio Lannoo en Keppie & Keppie  
Vormgeving binnenwerk: Jurgen Leemans

© Ludo Gelders, Dirk Cattrysse & Uitgeverij Lannoo nv, Tielt, 2016.

Uitgeverij LannooCampus maakt deel uit van Lannoo Uitgeverij, de boeken- en  
multimediativisie van Uitgeverij Lannoo nv.

Alle rechten voorbehouden.

Niets van deze uitgave mag verveelvoudigd worden en/of  
openbaar gemaakt, door middel van druk, fotokopie,  
microfilm, of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

UITGEVERIJ LANNOOCAMPUS  
VAARTKOM 41 BUS 01.02  
3000 LEUVEN  
BELGIË

POSTBUS 23202  
1100 DS AMSTERDAM  
NEDERLAND

[www.lannoo-campus.com](http://www.lannoo-campus.com)

# INHOUD

<b>INHOUD</b>	<b>5</b>
<b>TEN GELEIDE</b>	<b>9</b>
HOOFDSTUK 1	
<b>VOORSPELLINGSTECHNIEKEN</b>	<b>11</b>
1.1 Inleiding	11
1.2 Karakteristieken van voorspellingstechnieken	12
1.3 Kwalitatieve methodes	12
1.4 Kwantitatieve of objectieve methodes	14
1.4.1 Causale modellen	15
1.4.2 Tijdsreeksen	17
1.5 Voorspellingscontrole	26
1.6 Besluit	28
HOOFDSTUK 2	
<b>VOORRAADBEHEER</b>	<b>31</b>
2.1 Belang van voorraden	31
2.1.1 Voorraad en financiële cyclus	31
2.1.2 Voorraad en logistieke keten	32
2.1.3 Voorraadkosten	34
2.1.4 Voorbeeld	35
2.2 Het beheren van voorraden	36
2.2.1 Inleiding	36
2.2.2 Economische lotgrootte (EOQ-model)	37
2.2.3 Economische productiehoeveelheid (EPQ)	40
2.2.4 Economische lotgroottebepaling met kortingen	42
2.2.5 Extra beperkingen	46
2.2.6 Cyclische planning	48
2.2.7 Stochastisch voorraadbeheer	49
2.3 ABC of Pareto-analyse	50
2.4 Besluit	52

## HOOFDSTUK 3

<b>GEÏNTEGREERDE PRODUCTIEPLANNING EN CONTROLE</b>	<b>55</b>
3.1 Materiaalbehoefteplanning	55
3.2 Just in time (JIT)	62
3.3 Constant work in progress (conwip)	65
3.4 Omsteltijdreductie (SMED = <i>single minute exchange of dies</i> )	67
3.5 Theory of constraints (TOC)	71
3.6 Economisch model	77
3.6.1 Inleiding	77
3.6.2 Principe	77
3.6.3 Betekenis	79
3.6.4 Voordelen	79
3.6.5 Nadelen	79
3.6.6 Voorbeeld	79
3.7 Schaduwkosten (shadow cost)	81
3.7.1 Principe	81
3.7.2 Betekenis	82
3.7.3 Voorbeeld	82
3.8 Transferprijs	83
3.8.1 Principe	83
3.8.2 Voorbeeld	83
3.8.3 Betekenis	86
3.8.4 Formulering als LP	86
3.9 Knelpuntcalculatie	87
3.9.1 Principe	87
3.9.2 Voorbeeld	89
3.9.3 Besluit	91
3.10 Hybride systemen	92
3.11 Besluit	92

## HOOFDSTUK 4

<b>PROJECTPLANNING</b>	<b>95</b>
4.1 Inleiding	95
4.2 Tijdsgewijze opvolging van een project	96
4.2.1 De Gantt-kaart	96
4.2.2 Critical path method (CPM)	97
4.2.3 Project evaluation and review technique (PERT)	103
4.2.4 Metra-potentiaalmethod (MPM)	104

4.3	Projectkosten en het kritieke pad	105
4.4	Kostenopvolging van een project	106
4.4.1	Kostenplanning: S-curven	107
4.4.2	Kostenbewaking	109
4.4.3	Nacalculatie	110
4.5	Besluit	111

## HOOFDSTUK 5

### **PRODUCTIESTRUCTUREN EN LAY-OUT** **113**

5.1	Inleiding	113
5.2	Functionele productiestructuur (proceslay-out/jobshop)	113
5.2.1	Batchgewijze productie	113
5.2.2	Werk in omloop	114
5.2.3	Complexiteit	115
5.2.4	Kwaliteit	115
5.2.5	Voordelen	115
5.3	Lijnstructuur (productlay-out/flowshop)	116
5.3.1	Afleverintervallen en werk in omloop	116
5.3.2	Dualiteit: flexibiliteit/efficiëntie	117
5.3.3	Kwaliteit	117
5.3.4	Storingsgevoeligheid	117
5.3.5	Het balanceringsprobleem	118
5.3.6	Voorbeeld van een balanceringsprobleem	119
5.4	De celstructuur (group lay-out)	120
5.5	Structuur gekenmerkt door een vast product	122

## HOOFDSTUK 6

### **INTEGRALE KWALITEITSZORG** **125**

6.1	Evolutie in de kwaliteitszorg	125
6.2	Van eindcontrole naar kwaliteitsmanagement	125
6.2.1	Fitness to standards	125
6.2.2	Fitness to use	126
6.2.3	Fitness to cost	126
6.2.4	Fitness to latent requirement	127
6.3	Integrale kwaliteitszorg	128
6.3.1	Definitie	128
6.3.2	EFQM-model	129

6.4	IKZ-technieken	132
6.4.1	Meten van kwaliteit	132
6.4.2	Meet- en analysetechnieken	133
6.4.3	Kwaliteitskosten	143
6.4.4	Verbeterstechnieken	147
6.5	IKZ-resultaten	150
6.5.1	Beoordeling	150
6.5.2	Borgen	151
6.5.3	Certificeren	152
6.5.4	Enkele belangrijke certificaten	154
6.6	Besluit	155

## HOOFDSTUK 7

### **KETENLOGISTIEK 157**

7.1	Inleiding	157
7.2	Logistiek	157
7.2.1	Begrip logistiek	157
7.2.2	Stijgend belang van logistiek beheer	159
7.3	De componenten van een logistiek systeem	160
7.3.1	Inleiding	160
7.3.2	Lokalisatie	160
7.3.3	Transport – distributie	163
7.3.4	Materiaalbehandeling	166
7.3.5	Voorraadpolitiek	167
7.3.6	Communicatie/informatie	169
7.4	Cijfervoorbeelden	171
7.4.1	Voorbeeld 1: lokalisatie	171
7.4.2	Voorbeeld 2: outsourcing	173
7.4.3	Voorbeeld 3: kopen of huren	175

### **REFERENTIELIJST 177**

## HOOFDSTUK 1

# VOORSPELLINGSTECHNIKEN

### 1.1 INLEIDING

Bedrijven moeten frequent beslissingen nemen waarvoor een zicht op de toekomst belangrijk is, bijvoorbeeld het bestellen van grondstoffen, het aanleggen van stocks, of het plannen van investeringen. Daarvoor is het nodig inzicht te hebben in de toekomstige ontwikkeling van de vraag, dat wil zeggen een voorspelling van de verkoop. Het voorspellen beperkt zich overigens niet tot alleen verkoopcijfers, maar andere mogelijke parameters zijn bijvoorbeeld het aantal inschrijvingen aan een universiteit of in een programma, de verkeersstromen op bepaalde wegen of kruispunten, het weer in de komende uren, het aantal vrachtluchten op een luchthaven, of de uitslag van bepaalde paardenraces.

Het voorspellen van wat de verkopen zullen zijn de volgende maanden en/of jaren is altijd een moeilijke zaak. Elk bedrijf heeft een eigen manier om te bepalen hoe de marktvraag en de daaraan gekoppelde productie zal evolueren. Sommige procedures zijn zeer eenvoudig en stellen voor de volgende twaalf maanden gewoon het gemiddelde per maand voor, gebaseerd op de jaarvraag van vorig jaar. Andere maken gebruik van vrij ingewikkelde macro-econometrische modellen waarbij trends, seizoensfactoren, conjuncturele en politieke invloeden een rol spelen. De tijdsperiode waarover we voorspellen, de frequentie (eenmalig, wekelijks, maandelijks), de tijdsinvestering in de voorspelling, het aantal verschillende items, het niveau van detail en betrouwbaarheid zullen bepalen welke techniek of benadering er wordt gekozen. Om het even welke methode er wordt gebruikt, tussentijds en achteraf moet die geëvalueerd en eventueel bijgestuurd worden.

Voorspellen is nodig om ons voor te bereiden op wat zal komen: wordt verwacht dat de marktvraag stijgt dan moet het productiepark eventueel uitgebreid worden om aan de vraag te voldoen met in achtname van wat de concurrentie doet. De rol van de productlevenscyclus komt hier opnieuw aan bod. Bijvoorbeeld met de opkomst van e-mail en sms daalt de vraag naar enveloppen, maar het aantal spelers op deze markt daalt eveneens waardoor de bedrijven die nu nog op de markt zijn, uiteindelijk een lichte stijging ondervinden. Voorspellen

moet dus gebeuren in een bepaalde context waarbij men alle factoren in rekening brengt en ondersteuning biedt bij het nemen van beslissingen.

## 1.2 KARAKTERISTIEKEN VAN VOORSPELLINGSTECHNIEKEN

Bij het voorspellen spelen een aantal karakteristieken een rol:

- ♦ wat gaan we voorspellen: aantal studenten, verkoop van matrassen, gebruik van paperclips;
- ♦ in welke mate van detail: kilogram koekjes, aantal koekjes per soort;
- ♦ over welke periode: voor volgende week, maandelijks of over een periode van een jaar;
- ♦ eenmalig of terugkomend: aantal bezoekers op een infoavond, wekelijkse verkoop van blikjes;
- ♦ wat is de impact van de voorspelling: in welke mate beïnvloedt het de werking van het bedrijf, het aantal werknemers, de productiecapaciteit ...

Gebaseerd op deze karakteristieken zal er dan een methode gekozen worden om bijvoorbeeld te voorspellen, voorraadniveaus bij te houden, producten of grondstof bij te bestellen of te produceren.

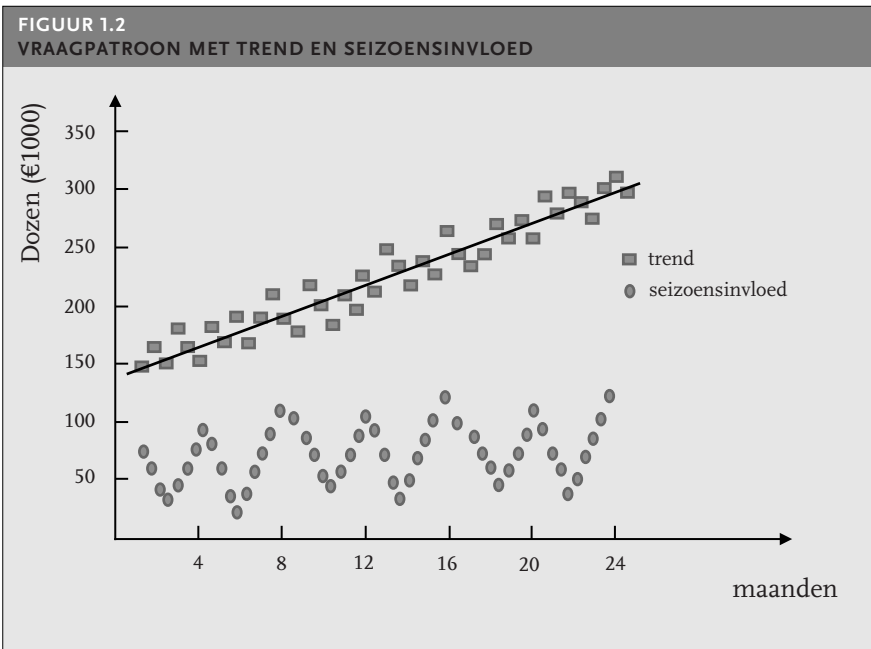
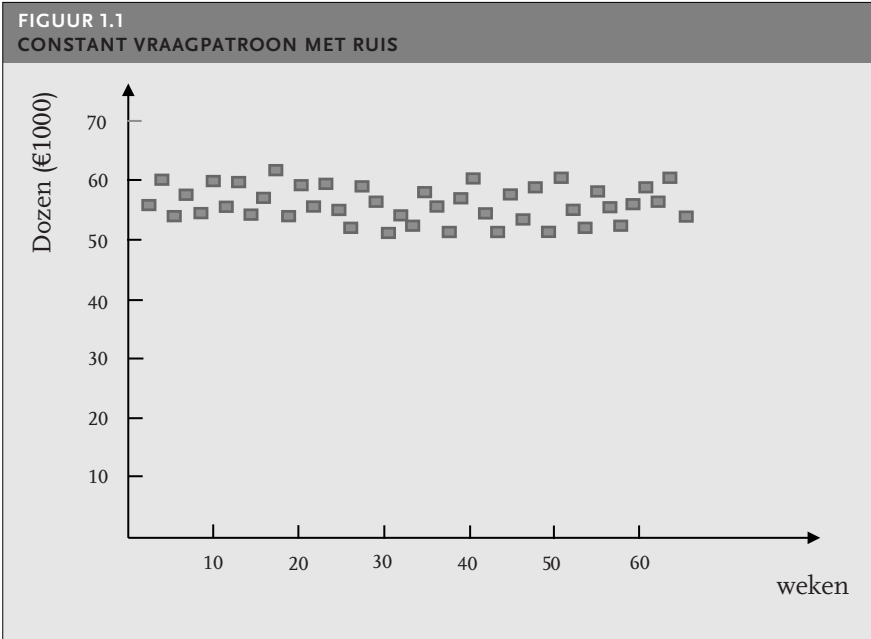
Bij het voorspellen kan men gebruikmaken van vorige data, dat wil zeggen dat men het verleden als maatstaf gebruikt voor de toekomst. Het doet denken aan de uitspraak van Lord Byron (1821): 'De beste profeet van de toekomst is het verleden.' In een geglobaliseerde wereld waar verandering de enige constante lijkt te zijn, is dat echter niet vanzelfsprekend ...

Ter illustratie worden een aantal vraagpatronen weergegeven in figuur 1.1 en figuur 1.2.

## 1.3 KWALITATIEVE METHODES

Kwalitatieve methodes worden ook wel subjectieve methodes genoemd. Soms worden zij afgedaan als 'nattevingermethodes', maar dat is toch wat kort door de bocht. Grote uitvinders, wetenschappers en bedrijven hebben zich in het verleden soms laten opmerken door flagrant verkeerde voorspellingen (zie tabel 1.1). Vandaar dat er de laatste jaren ook meer aandacht ontstond voor pros-





pectieve toekomstverkenningen zowel door individuele wetenschappers als door denktanks die de maatschappelijke evolutie proberen in kaart te brengen (bv. evoluties inzake globalisering, digitalisering, stijgende aandacht voor het milieu en duurzaamheid, socio-psychologische aspecten: zal de toekomstige burger nog behoefte hebben aan het bezit van een auto of verlangt hij gewoonweg een dienst die verplaatsingen verzorgt?). Dit soort analyses – gebaseerd op diverse scenario's – kan belangrijke nieuwe inzichten opleveren.

**TABEL 1.1**  
**ENKELE UITSPRAKEN OVER DE TOEKOMST (AL DAN NIET WERKELIJK UITGESPROKEN OF TOEGEWEEZEN)**

- ✓ *“I think there is a world market for maybe five computers”, by Thomas Watson, chairman IBM, 1943.*
- ✓ *“There is no reason anyone would want a computer in their home”, by Ken Olson, president, chairman and founder of Digital Equipment Corp., 1977.*
- ✓ *“640K ought to be enough for anybody”, attributed to Bill Gates, 1981, but believed to be an urban legend.*
- ✓ *“While theoretically and technically television may be feasible, commercially and financially it is an impossibility”, by Lee DeForest, the inventor.*
- ✓ *“Everything that can be invented has been invented”, attributed to Charles H. Duell, Commissioner, U.S. Office of Patents, 1899, but known to be an urban legend.*

Bij kwalitatieve methodes vindt men de vragenlijst (enquête) terug, of maakt men gebruik van een comité van experts, de Delphi-methode, of een team van verkopers.

#### 1.4 KWANTITATIEVE OF OBJECTIEVE METHODES

Bij kwantitatieve of objectieve technieken wordt de voorspelling afgeleid op basis van data-analyse. In dit hoofdstuk worden twee types technieken besproken: causale modellen en tijdsreeksen.

### 1.4.1 Causale modellen

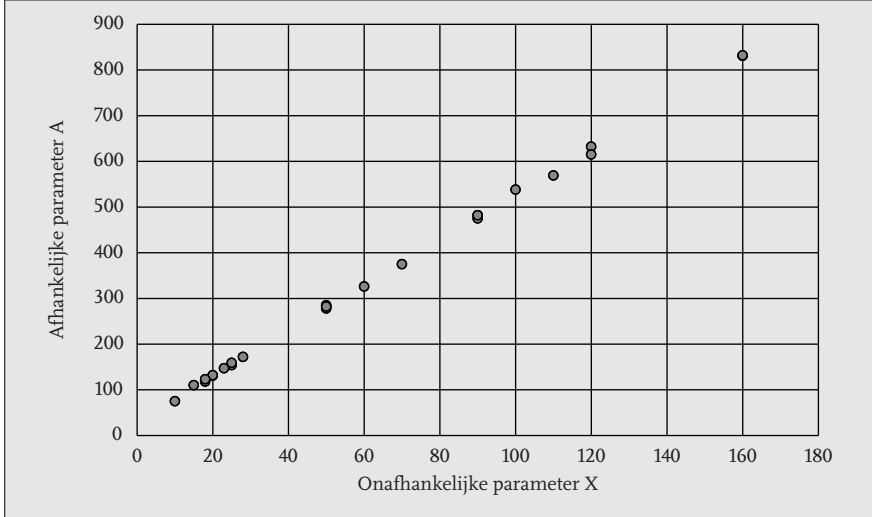
Bij de causale modellen wordt aangenomen dat er een verband is tussen wat reeds gebeurd is en wat waargenomen kan worden en de factor die voorspeld moet worden. Bijvoorbeeld het aantal reserveonderdelen nodig voor herstelling is afhankelijk van het aantal machines of producten dat werd verkocht in de voorbije periodes. Stel dat  $A$  de afhankelijke variabele (het aantal benodigde reserveonderdelen) is en  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  de onafhankelijke parameters (aantal verkochte machines) die  $A$  beïnvloeden, dan kunnen we algemeen schrijven dat  $A = f(X) = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ .

Bij causale modellen is het juist de bedoeling om de vorm van de functie te bepalen op basis van historische gegevens.

Ter illustratie wordt het volgende voorspellingsprobleem geanalyseerd (zie tabel 1.2). Uit figuur 1.3 blijkt, als eenmaal de juiste tijdsverschuiving bekend is, duidelijk de lineaire relatie tussen beide parameters.

TABEL 1.2 VERKOOPGEGEVENS VAN DE VOORBIJE 24 MAANDEN			
	Tijdstip $T$	Onafhankelijke parameter $X$	Afhankelijke parameter $A$ (op $T+t$ )
1	Jan. 20xx	20	131
2	Feb. 20xx	25	154
3	Maart 20xx	23	147
4	April 20xx	90	482
5	Mei 20xx	70	375
6	Juni 20xx	15	110
7	Juli 20xx	120	632
8	Aug. 20xx	160	831
9	Sept. 20xx	90	475
10	Okt. 20xx	60	326
11	Nov. 20xx	50	278
12	Dec. 20xx	25	159
13	Jan. 20xx+1	28	172
14	Feb. 20xx+1	20	132
15	Maart 20xx+1	18	118
16	April 20xx+1	50	285
17	Mei 20xx+1	160	832
18	Juni 20xx+1	120	615
19	Juli 20xx+1	100	538
20	Aug. 20xx+1	90	482
21	Sept. 20xx+1	110	569
22	Okt. 20xx+1	50	282
23	Nov. 20xx+1	18	123
24	Dec. 20xx+1	10	75

**FIGUUR 1.3**  
**GRAFISCHE VOORSTELLING VAN HET VERBAND TUSSEN AFHANKELIJKE**  
**EN ONAFHANKELIJKE PARAMETER**



Het onderliggende model bij lineaire regressie ziet eruit als volgt:

$$A_t = a + b * X_t + \text{ruis}_t \quad t = 1, 2, \dots, n$$

A is de afhankelijke parameter, X de waargenomen of onafhankelijke parameter, a is het startpunt of interceptiepunt met de verticale as en b geeft de helling of trend weer. Dat kan eenvoudigweg grafisch afgelezen worden uit de figuur of kan geschat worden via de kleinste kwadratenmethode:

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n X_t A_t - \sum_{t=1}^n X_t \sum_{t=1}^n A_t}{n \sum_{t=1}^n X_t^2 - (\sum_{t=1}^n X_t)^2} \text{ en } a = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t - \frac{b}{n} \sum_{t=1}^n X_t$$

waarbij het volgende resultaat verkregen wordt:  $a = 31$  (30,98) en  $b = 5$  (4,98).

Niet alle verbanden zijn lineair, waarbij het eindresultaat van een parameter afhankelijk is. De functie kan veel complexer worden, bijvoorbeeld  $A = f(X) = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) = b_1 X_1 + b_2 X_2^2 + b_3 \sqrt{X_3}$ . Dan kan gebruikgemaakt worden van multiple regressie of eventueel van neurale netwerken.

## 1.4.2 Tijdsreeksen

Bij tijdsreeksen wordt meestal gekeken naar constante modellen, trendmodellen, seizoensmodellen en eventuele combinaties. Op basis van een analyse van de historische gegevens kan nagegaan worden welke voorspellingstechniek het beste past.

### *Constant vraagpatroon of stationair proces*

Bij een stationair proces kan de observatie weergegeven worden door een constante met daarop ruis. De vraag in periode  $t$  wordt dan weergegeven door  $D_t = a + \varepsilon_t$  waarbij  $a$  de onbekende constante is en  $\varepsilon_t$  de ruis of random-fout met een gemiddelde van 0 en een zekere variantie  $\sigma^2$ .

Tabel 1.3 geeft het aantal verkochte dozen pasta over de voorbije vijftig weken.

Een eenvoudige techniek is de voorspelling voor periode  $t+1$  gelijk te stellen aan de laatst waargenomen vraag in periode  $t$ :  $F_{t+1} = D_t$ . Dat betekent volgens tabel 1.3 dat de voorspelling voor periode 51 ( $F_{51}$ ) gelijk is aan 58.

TABEL 1.3 VERKOOP VAN DOZEN PASTA OVER DE VOORBIJE 50 WEKEN					
Week	Vraag	Week	Vraag	Week	Vraag
1	56	21	44	41	47
2	46	22	47	42	48
3	53	23	57	43	44
4	50	24	45	44	43
5	50	25	48	45	50
6	52	26	55	46	57
7	46	27	50	47	46
8	53	28	42	48	44
9	55	29	50	49	52
10	46	30	57	50	58
11	53	31	51		
12	45	32	54		
13	50	33	54		
14	49	34	51		
15	48	35	52		
16	43	36	48		
17	47	37	50		
18	55	38	49		
19	52	39	52		
20	52	40	48		

Andere technieken, zoals het voortschrijdend gemiddelde en exponentiële afvlakking, maken gebruik van meer dan een van de vroegere observaties om op die manier de invloed van de ruis te beperken bij het voorspellen van een constant of stationair vraagpatroon.

### Voortschrijdend gemiddelde (VG)

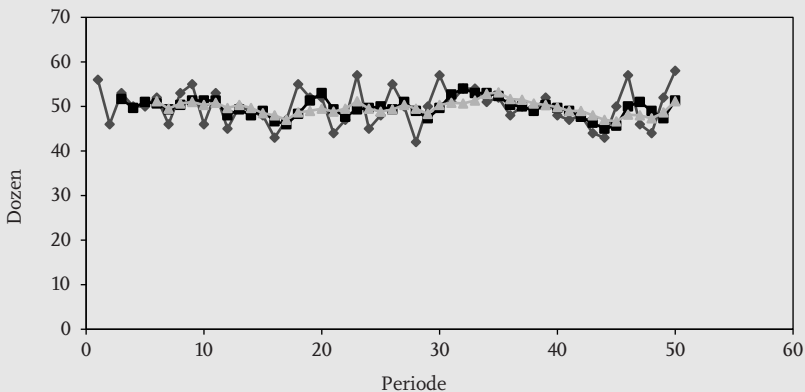
Het voortschrijdend gemiddelde met parameter  $N$  geeft weer dat men het gemiddelde berekent van de laatste  $N$  vraagobservaties  $D$  om de uiteindelijke voorspelling  $F$  voor de volgende periode te bepalen:

$$F_{t+1} = \frac{1}{N} \sum_{i=t+1-N}^t D_i = \frac{1}{N} (D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t+1-N})$$

Stel dat de we het voortschrijdend gemiddelde over de laatste 3 periodes als voorspelling  $F_{51}(3)$  willen gebruiken, dan wordt dat:  $F_{51}(3) = (44 + 52 + 58) / 3 = 51$ . Met  $N = 6$  periodes als inputparameter wordt dat  $F_{51}(6) = (50 + 57 + 46 + 44 + 52 + 58) / 6 = 51$ .

Na het verloop van periode 51 is de vraag bekend; stel dat de vraag  $D_{51} = 50$ , dan wordt de voorspelling voor periode 52:  $F_{52}(3) = (52 + 58 + 50) / 3 = 53$  en  $F_{52}(6) = (57 + 46 + 44 + 52 + 58 + 50) / 6 = 51$ . De manier waarop de voorspellingsfunctie reageert, is afhankelijk van het aantal periodes dat wordt beschouwd. Naarmate er meer periodes worden meegenomen in de berekening wordt de impact van de ruis kleiner en zal de voorspelde waarde een stabiel patroon volgen.

**FIGUUR 1.4**  
GRAFISCHE VOORSTELLING VAN DE VRAAG, VOORTSCHRIJDEND GEMIDDELDE  
OP BASIS VAN 3 EN 6 PERIODES



Figuur 1.4 geeft beide voorspellingsfuncties weer in de veronderstelling dat men vanaf het begin alles heeft meegerekend. De curve die slechts drie data in rekening brengt (■) is gevoeliger aan schommelingen dan deze die rekening houdt met zes periodes (▲).

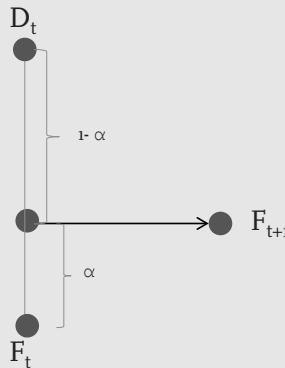
### Exponentiële afvlakking (EA)

Deze methode maakt gebruik van de voorgaande voorspelling en de bekende vraag. Beide waarden worden lineair gecombineerd als volgt:  $F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t$  met  $0 \leq \alpha \leq 1$ . Een grafische voorstelling van het proces wordt weergegeven in figuur 1.5. Dat kan herschreven worden als  $F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$ , wat betekent dat men de voorgaande voorspelling aanpast met een fractie  $\alpha$  van de fout die men in de voorgaande periode heeft gemaakt. Maakte men een onderschatting, dan wordt de voorspelling naar boven aangepast en vice versa. Impliciet wordt er wel rekening gehouden met de voorgaande vraagpunten. De impact van de voorgaande vraag wordt echter steeds kleiner naarmate die verder in het verleden ligt:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) (\alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}) = \alpha D_t + \alpha (1 - \alpha) D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1}.$$

Dit verder uitschrijven resulteert in  $F_{t+1} = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha (1 - \alpha)^i D_{t-i}.$

FIGUUR 1.5  
WERKING VAN DE EXPONENTIËLE AFVLAKKING GRAFISCH VOORGESTELD



Een lage waarde voor  $\alpha$  betekent dat er meer rekening wordt gehouden met de voorgaande voorspelling en dat de voorspelling een stabiel patroon volgt. Een hoge waarde van  $\alpha$  resulteert in een voorspellingsgedrag dat sneller reageert met veranderende vraag (is dus vergelijkbaar met een kleine  $N$  bij voortschrijdend gemiddelde).

