

Fabriekslayout ontwerpen met behulp van de computer. Deel 1

Citation for published version (APA):

Lintermans, C. P. M., & Renders, P. J. J. (1989). Fabriekslayout ontwerpen met behulp van de computer. Deel 1. *I-twee werktuigbouwkunde*, 5(8), 39-42.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1989

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Fabriekslayout ontwerpen met behulp van de computer (I)

Binnen de vakgroep Produktietechnologie en -Automatisering van de faculteit der Werktuigbouwkunde aan de Technische Universiteit Eindhoven wordt onderzoek gedaan naar mogelijkheden om bij het ontwerpen van een fabriekslayout de computer te gebruiken. Hiervoor zijn al vele programma's geschreven, maar die worden niet of nauwelijks toegepast. De redenen die daaraan ten grondslag liggen, hebben geleid tot de ontwikkeling van een nieuw programma: SCALP (Sophisticated Computer Aided Layout-planning). Daarbij is ook uitgegaan van een werkwijze die bekend is als de SLP-methode (Systematische Layoutplanning) van R. Muther [1,2]. Dit programma is geschreven voor een PC (MS/DOS) en is behulpzaam bij alle stappen van de SLP-methode (figuur 1).

De werkwijze voor de ontwikkeling van SCALP was als volgt:

Het verrichten van een onderzoek naar de in het verleden ontwikkelde software ten behoeve van de lay-outplanning, waarbij de volgende vragen centraal stonden:

- Op welke wijze wordt het lay-outplanningsvraagstuk gedefinieerd?
- Welke oplossingsmethoden worden er gebruikt?
- Naar welke overige kenmerken kunnen de programma's worden ingedeeld?
- Wat zijn de voor- en nadelen van de reeds ontwikkelde software-pakketten en aan welke eisen dient een programma te voldoen om optimaal te kunnen functioneren?

Het ontwikkelen van het programma SCALP, uitgaande van het resultaat uit dit onderzoek en de ervaringen opgedaan bij de in het verleden (manueel) uitgevoerde lay-outprojecten.

Om enig inzicht te geven in de opbouw van SCALP zal in het nu volgende een beknopte weergave worden gegeven van die aspecten uit het onderzoek [3] die bij het definitieve

ontwerp van het programma een rol hebben gespeeld. Deze aspecten zijn:

- Definitie lay-outplanningsprobleem
- Oplossingsmethoden lay-outplanningsprobleem
- Oppervlakken bedrijfsmiddelen
- Wegmeting

Definitie

Uit de literatuur bleek dat aan de meeste van de tot nu toe ontwikkelde lay-outplanningsprogramma's het kwadratisch ordeningsprobleem [4, 5, 6] ten grondslag ligt. Mathematisch kan dit als volgt worden omschreven:

Minimaliseer de doelfunctie F, waarbij F gelijk is aan:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n h_{ij} * s_{ij}$$

De betekenis van F is mede afhankelijk van de invulling van h. In de meeste gevallen zal F een maat zijn voor de transportkosten, onder aanname dat deze evenredig zijn met de transportfrequenties en de daarbij af te leggen afstanden.

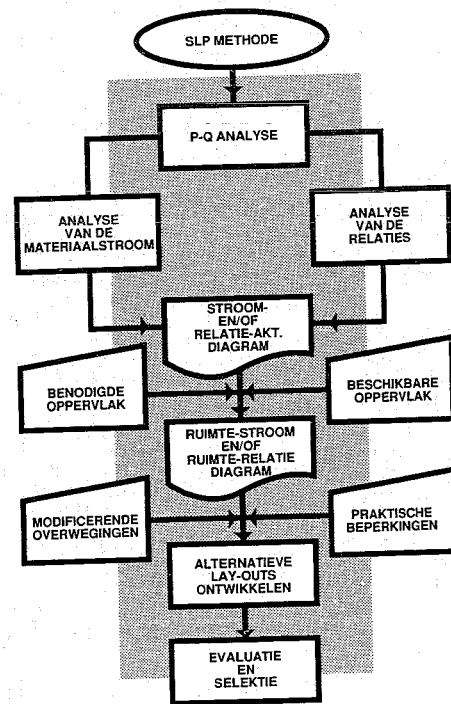


Fig. 1. De SLP-methode van Muther in schemavorm

R. C.P.M. LINTERMANS

was tot voor kort verbonden aan de vakgroep Produktietechnologie en -Automatisering van de faculteit der

Werktuigbouwkunde aan de TU Eindhoven. Hij is nu werkzaam bij Philips Machinefabrieken te Eindhoven

P.J.J. RENDERS

is medewerker van de vakgroep Produktietechnologie en

-Automatisering van de TUE

Verder is:

- n = het aantal bedrijfsmiddelen.
- h_{ij} = een gewichtsfactor die het belang van de onderlinge nabijheid van de bedrijfsmiddelen i en j aangeeft. Hoe groter dit getal, des te groter is ook het genoemde belang. Bij de meeste programma's wordt voor dit getal gekozen de in een bepaalde tijd gemeten transportfrequentie tussen de bedrijfsmiddelen i en j .
- s_{ij} = de afstand tussen de bedrijfsmiddelen i en j .

Nu kunnen aan deze definitie van de doelfunctie F nog wel enige verfijningen worden toegevoegd, maar deze zijn niet voldoende om het planningsprobleem volgens SLP, dat moet worden gezien als een multi-criteriumprobleem volledig te omvatten, aangezien hierbij ook investeringskosten, goede arbeidsomstandigheden, functionele gerichtheid enzovoort aan de orde dienen te komen. Dit heeft geleid tot de conclusie dat een goed programma de mogelijkheid dient te bieden om bij het ontwerpen van een lay-out niet alleen rekening te houden met de materiaalstromen, maar tevens ook met de relaties van andere aard tussen de bedrijfsmiddelen.

Ten behoeve van het programma SCALP is dan ook een nieuwe doelfunctie gedefinieerd, waarbij wordt uitgegaan van een Van-Naar matrix (VN) en een Relatiediagram (Rel), die via twee constanten aan elkaar gekoppeld zijn. Deze koppelingsconstanten maken het mogelijk om twee, normaal los van elkaar staande grootheden in één wiskundige definitie van de doelfunctie F onder te brengen die dan als volgt is omschreven:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n h_{ij} * s_{ij}$$

$$\text{met: } h_{ij} = VN_{kop} * \frac{VN_{ij}}{VN_{totaal}} + Rel_{kop} * \frac{Rel_{ij}}{Rel_{totaal}}$$

$$VN_{totaal} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n VN_{ij}$$

$$Rel_{totaal} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n ABS(Rel_{ij})$$

Hierbij is:

- n = het aantal bedrijfsmiddelen
- s_{ij} = de afstand tussen de bedrijfsmiddelen i en j
- VN_{kop} = koppelingsconstante van de Van-Naar matrix
- Rel_{kop} = koppelingsconstante van het Relatiediagram
- VN_{ij} = de (transport)frequentie tussen de bedrijfsmiddelen i en j
- Rel_{ij} = de relatie tussen de bedrijfsmiddelen i en j

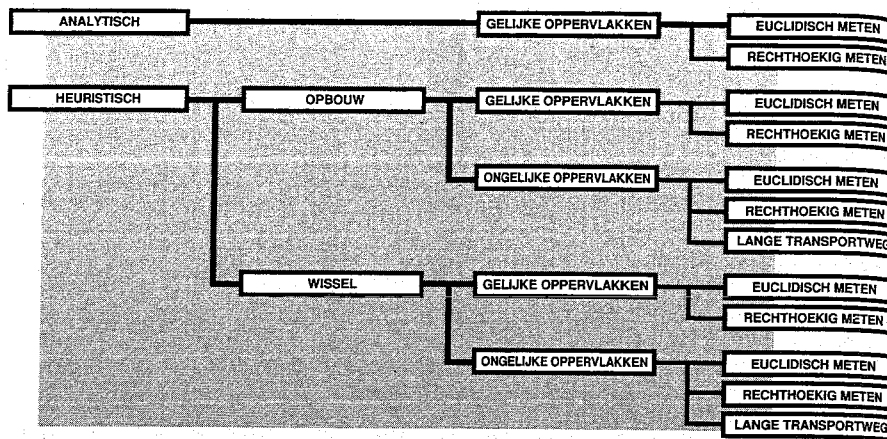


Fig. 2. Indeling van lay-outplanningssoftware

veel gebruikte methode bij dergelijke programma's is het opdelen van de bedrijfsmiddelen in een aantal eenheidsvlakjes [9].

Bij de opbouwmethode worden deze eenheidsvlakjes één voor één in de te ontwerpen lay-out geplaatst, waarbij wordt getracht het bedrijfsmiddel zo homogeen mogelijk te houden. Een belangrijk nadeel van deze werkwijze is het feit dat dit in vele gevallen leidt tot onregelmatige, niet reële vormen. Daarom zijn er ook technieken ontwikkeld, waarbij de bedrijfsmiddelen niet in eenheidsvlakjes worden opgesplitst, maar als één geheel in de lay-out worden geplaatst [9, 12]. Ondanks het nadeel, dat hierdoor "gaten" in het ontwerp kunnen ontstaan, geeft dit toch betere (lees: reëlere) resultaten.

Bij de wisselmethode brengt de mogelijkheid om met verschillende oppervlakken te werken beperkingen met zich mee ten aan-

Aangezien nu in deze definitie zowel de transportfrequenties als de relaties worden omgezet in dimensieloze grootheden, wordt het mogelijk om deze, ondanks hun eigen specifieke karakter, bij elkaar op te tellen. Door gebruik te maken van deze, door de planner zelf qua grootte te bepalen, koppelingsconstanten is het tevens mogelijk om bij de bepaling van de lay-out aan één van beide grootheden meer belang te hechten dan aan de andere.

Oplossingsmethoden lay-out planningsprogramma's

Wanneer de lay-out planningsprogramma's worden gesorteerd naar hun oplossingsmethoden, ontstaat een indeling zoals weergegeven in figuur 2 [7, 8, 9, 10]. Hierbij is onderscheid gemaakt in twee hoofdgroepen, de analytische methoden, waarbij het werkelijke optimum wordt bepaald [10] en de heuristische methoden, waarmee weliswaar slechts een suboptimum kan worden bepaald, maar die hiervoor aanzienlijk minder rekentijd vragen [4]. Bij deze laatste groep kan verder een onderscheid worden gemaakt in een benadering volgens de opbouwmethode, ook wel de constructieve methode genoemd (figuur 3) enerzijds en volgens de wisselmethode, ook wel de iteratief verbeterende methode genoemd (figuur 4) anderzijds. Op welke wijze deze methoden worden gebruikt binnen het programma SCALP, gaan we in het tweede deel van dit artikel in.

Oppervlakken van de bedrijfsmiddelen

Zoals in figuur 2 is weergegeven, maken de verschillende programma's tevens onderscheid in een mogelijkheid van het al dan niet werken met bedrijfsmiddelen met ongelijke oppervlakken. De programma's, die hiertoe niet in staat zijn, werken meestal met een driehoeks- of vierkantsraster, waarbij de bedrijfsmiddelen op de hoekpunten worden geplaatst [11]. Wil men echter realistische lay-outs ontwerpen, dan is het noodzakelijk dat het te gebruiken programma tevens in staat is om bedrijfsmiddelen met ongelijke oppervlakken te verwerken. Een

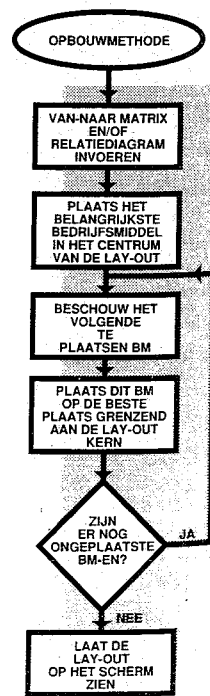


Fig. 3. De opbouwmethode in schemavorm

...en van de uitvoerbaarheid van de verwisselingen. Zo zullen bedrijfsmiddelen, die er van elkaar liggen en waarvan de oppervlakken sterk verschillen, niet zonder problemen kunnen worden verwisseld. Het verwisselen gebeurt dan ook hoofdzakelijk op basis van de volgende twee principes:

- het verwisselen van twee (groepen) bedrijfsmiddelen met dezelfde totale oppervlakte.
- het verwisselen van naast elkaar gelegen (groepen) bedrijfsmiddelen.

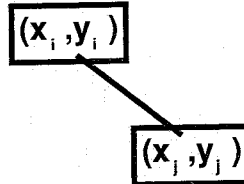
De wegmeting

Zoals figuur 2 ook laat zien, zijn er tenslotte drie manieren, waarop de afstand tussen de bedrijfsmiddelen kan worden gemeten en wel:

- **Euclidisch**, waarbij de afstand tussen de middelpunten van de bedrijfsmiddelen langs een rechte lijn wordt bepaald (figuur 5). Deze manier van meten is in de praktijk weinig realistisch, aangezien het transport meestal niet langs een rechte lijn plaatsvindt, vanwege de hinder die kan worden ondervonden van obstakels, zoals machines en dergelijke.
- **Rechthoekig**, waarbij de afstand tussen de middelpunten van de bedrijfsmiddelen niet via de kortste weg wordt gemeten, maar via twee loodlijnen (figuur 6). De zo gevonden waarden zijn veelal realistischer omdat de aldus gemeten weg meer

overeenkomst vertoont met de in werkelijkheid gevolgde transportweg.

- Langs de transportweg, waarbij de afstand tussen de middelpunten van de bedrijfsmiddelen wordt bepaald door de weg die het produkt werkelijk aflegt. Hoewel deze manier van wegmeting logischerwijze de meest realistische is, brengt deze in de praktijk toch grote problemen met zich mee, onder andere omdat de transportwegen gedurende het planningsproces voortdurend worden aangepast.



$$S_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Fig. 5. Euclidische wegmeting

Kenmerken van SCALP

Uitgaande van de bevindingen die in het voorgaande zijn behandeld, is het programma SCALP ontwikkeld. Vanwege de beperkte inzetbaarheid van de analytische methode, vooral veroorzaakt door extreem lange rekentijden bij een wat groter aantal bedrijfsmiddelen, is hierbij gekozen voor een heuristische werkwijze, waarmee op een systematische wijze een oplossing wordt gegenereerd. Hierdoor worden weliswaar niet alle oplossingen onderzocht, hetgeen inhoudt dat er geen garantie bestaat dat de gevonden oplossing de werkelijk optimale is, maar er is op deze wijze wel aanzienlijk minder rekentijd nodig, wat het ontwerpen van de lay-out met behulp van een computer aantrekkelijk maakt en houdt.

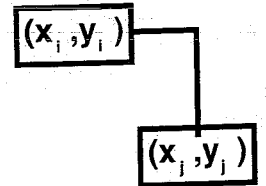
Met deze heuristische werkwijze kan binnen SCALP, na invoering van de relevante gegevens, de koppelingsconstanten en de gewenste wegmeting, worden gekozen voor een opbouwmethode. Uit de ingevoerde gegevens genereert SCALP dan een "ideale" lay-out met gelijke oppervlakken zonder verdere randvoorwaarden. Op verzoek kan deze oplossing met een wisselmethode verder worden geoptimaliseerd, hetgeen in de meeste gevallen zal leiden tot kleine verfijningen.

SCALP maakt het daarna mogelijk om de werkelijke oppervlakken van de bedrijfsmiddelen in te voeren, waarna vanuit de "ideale" oplossing interactief een reële lay-out kan worden ontworpen. Centraal hierbij staat dat de planner de beslissingen neemt en aan de computer slechts een adviserende taak is toebedeeld.

Eisenpakket voor SCALP

Uit het voorgaande en uit een onderzoek naar de voor- en nadelen van de bestaande lay-out planningssoftware is naar voren gekomen dat een programma als SCALP om optimaal te functioneren tenminste aan de volgende eisen dient te voldoen:

- De verzamelde data moet op eenvoudige wijze kunnen worden ingevoerd, veranderd en opgeslagen.
- De gebruikersvriendelijkheid van het programma dient te worden gegarandeerd. Dit is bijvoorbeeld te bereiken door de toepassing van een menustructuur, zodat de planner niet over specifieke programmeerkennis hoeft te beschikken.
- Naast de materiaalstromen moeten ook relaties tussen de bedrijfsmiddelen in de besluitvorming meegenomen kunnen worden.
- Er dienen snel meerdere alternatieven (lay-outs) te kunnen worden ontwikkeld, die later met elkaar te vergelijken moeten zijn, bijvoorbeeld door het toepassen van een waardeanalyse.
- De kwaliteit van de gevonden alternatieven moet goed zijn met betrekking tot de doelfunctie F.
- Het programma moet interactief zijn, dat wil zeggen dat de computer slechts wordt ingezet ter ondersteuning van de planner en geenszins als zijn vervanger. De planner moet derhalve bij iedere stap de mogelijkheid hebben om in de besluitvorming in te grijpen. Deze werkwijze maakt tevens de toepassing van het programma bij de zogenaamde omstellingsplanning (het aanpassen van een bestaande lay-out) mogelijk.



$$S_{ij} = \text{ABS}(x_i - x_j) + \text{ABS}(y_i - y_j)$$

Fig. 6. Rechthoekige wegmeting

- Ook complexe situaties moeten te onderzoeken zijn.
- De computer moet indien mogelijk behulpzaam zijn bij alle stappen, zoals deze genomen worden bij het werken met de SLP-methode.
- Het software-pakket moet geschikt zijn voor gebruik op een Personal Computer (PC), waarbij het resultaat eenvoudig moet kunnen worden afgedrukt met een plotter of een printer.

Of en op welke wijze uitvoering is gegeven

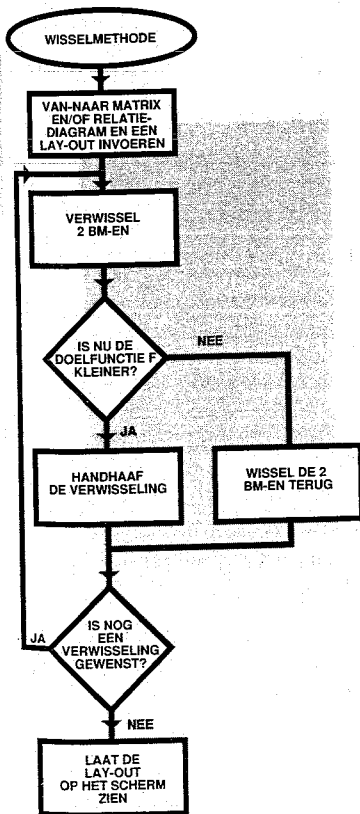


Fig. 4. De wisselmethode in schemavorm

aan dit eisenpakket, alsmede op de mogelijkheden van SCALP gaan we in het tweede deel van dit artikel nader in.

Literatuur

1. Muther, R., Systematic layout planning Fourth printing Industrial education international ltd. London, 1963
2. Muther, R., Hales, L., Systematic planning of industrial facilities - SPIF Management & industrial research publications Kansas City, 1979
3. Lintermans, C.P.M., Onderzoek naar de inzet van de computer bij SLP, resulterend in de ontwikkeling van het programma SCALP rapportnummer: WPA 0.532 Technische Universiteit Eindhoven Eindhoven, 1988

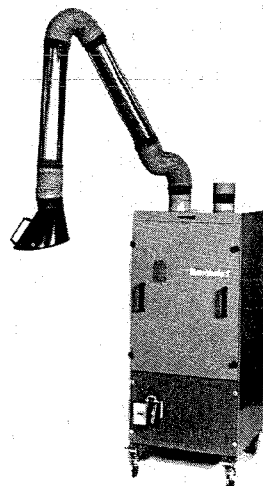
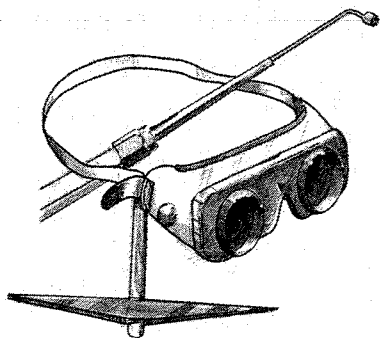
4. Burkard, R.E., Heuristische Verfahren zur Lösung quadratischer Zuordnungsprobleme Zeitschrift für Operations Research, Band 19, 1975, blz. 183-193
5. Dangelmaier, W., Algorithmen und Verfahren zur Erstellung innerbetrieblicher Anordnungspläne, IPA-IAO Forschung und Praxis, Band 89 Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1986
6. Dolezalek, C.M., Warnecke, H.J., Planung von Fabrikanlagen, Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage unter Mitwirkung von W. Dangelmaier, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1981
7. Baur, K., Verfahren für die räumliche Zuordnung von Betriebsmittel in der Fabrikplanung, erster Teil wt-Zeitschrift für industrielle Fertigung 61, 1971; blz. 23-28
8. Baur, K., Verfahren für die räumliche Zuordnung von Betriebsmittel in der Fabrikplanung, zweiter

- Teil wt-Zeitschrift für industrielle Fertigung 61, 1971, blz. 233-239
9. Kettner, H., Schmidt, J., Greim H-R., Leitfaden der systematischen Fabrikplanung Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1984
10. Niedereicholz, C., Innerbetriebliche Materialflussplanung, S. Töche-Mittler Verlag Darmstadt, 1979
11. Schnabel, B., Ein praxisgerechtes Verfahren zur Betriebsmittelanordnung in einer Fertigungsstätte für ein neuentwickeltes Produkt, VDI-Zeitschrift, Band 118 (1976) Nr. 2, blz. 51-59
12. Minten, B., MODULAP - Modularprogramm für die Layout-Planung zum Optimieren des Materialflusses, VDI-Zeitschrift 117 (1975), Nr. 22 - November, blz. 1041-1049

gefra

En als wij nu eens op z'n gezondheid letten . . . ?

Lassers staan voortdurend bloot aan lasrook, waarin zich zeer schadelijke stoffen bevinden, waaronder nitreuze dampen, koolmonoxide, ozon en metaaloxiden. Ook bij gas- en plasma-snijden komen deze stoffen vrij. Gefra is al jaren dé specialist op het gebied van luchtreiniging en heeft, met een uitgebreid programma aan afzuig- en filtersystemen, een afdoende oplossing voor praktisch alle voorkomende lasdampen en brandsnijrook problemen. Overigens ook voor het afzuigen en filteren van bijvoorbeeld olienevel, soldeerrook, kunststofdampen, metselstof of inkt- en verfdampen levert Gefra diverse systemen. De gezondheid van uw medewerkers is u toch ook iets waard?



Gefra Milieutechniek
 Postbus 38, 2690 AA 's Gravenzande
 Tel: 01748-13911, Fax: 01748-13521

CA
 A
 to
 A
 decen
 liform
 pakke
 goed
 et we
 verko
 45.00
 groot
 zien
 bruik
 catie
 mani
 waar
 gepro
 hond
 syste
 wel i
 Voor
 Zwer
 Zwer
 sinds
 cifel
 is ge
 culat
 least
 syste
 deze
 Ned
 De b
 ning
 is uit
 mer
 De b
 licht
 IR. R
 Ir. R.
 CAD
 werk
 advies