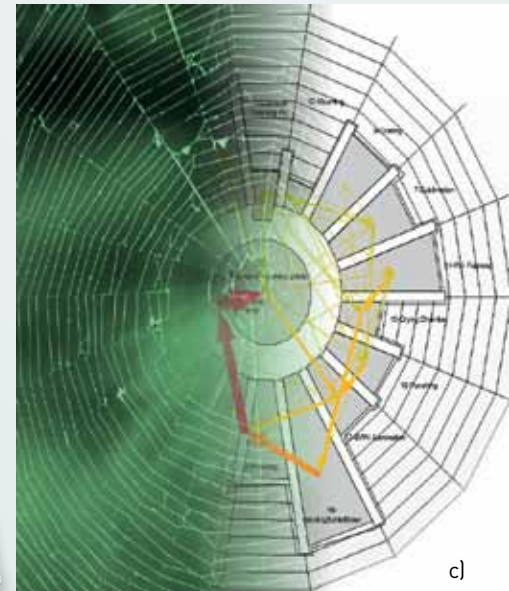
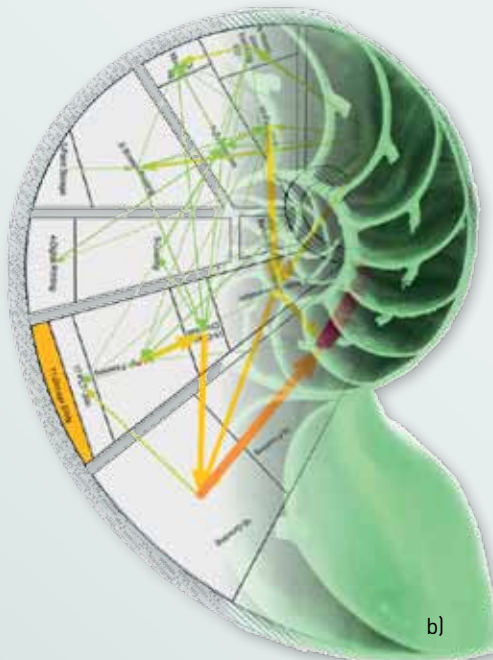
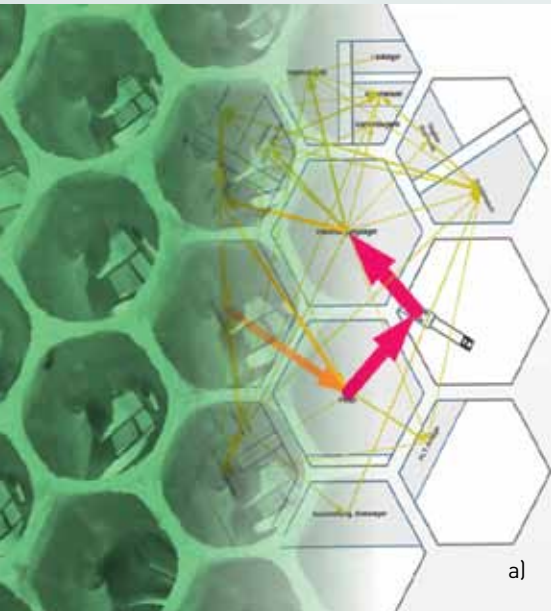
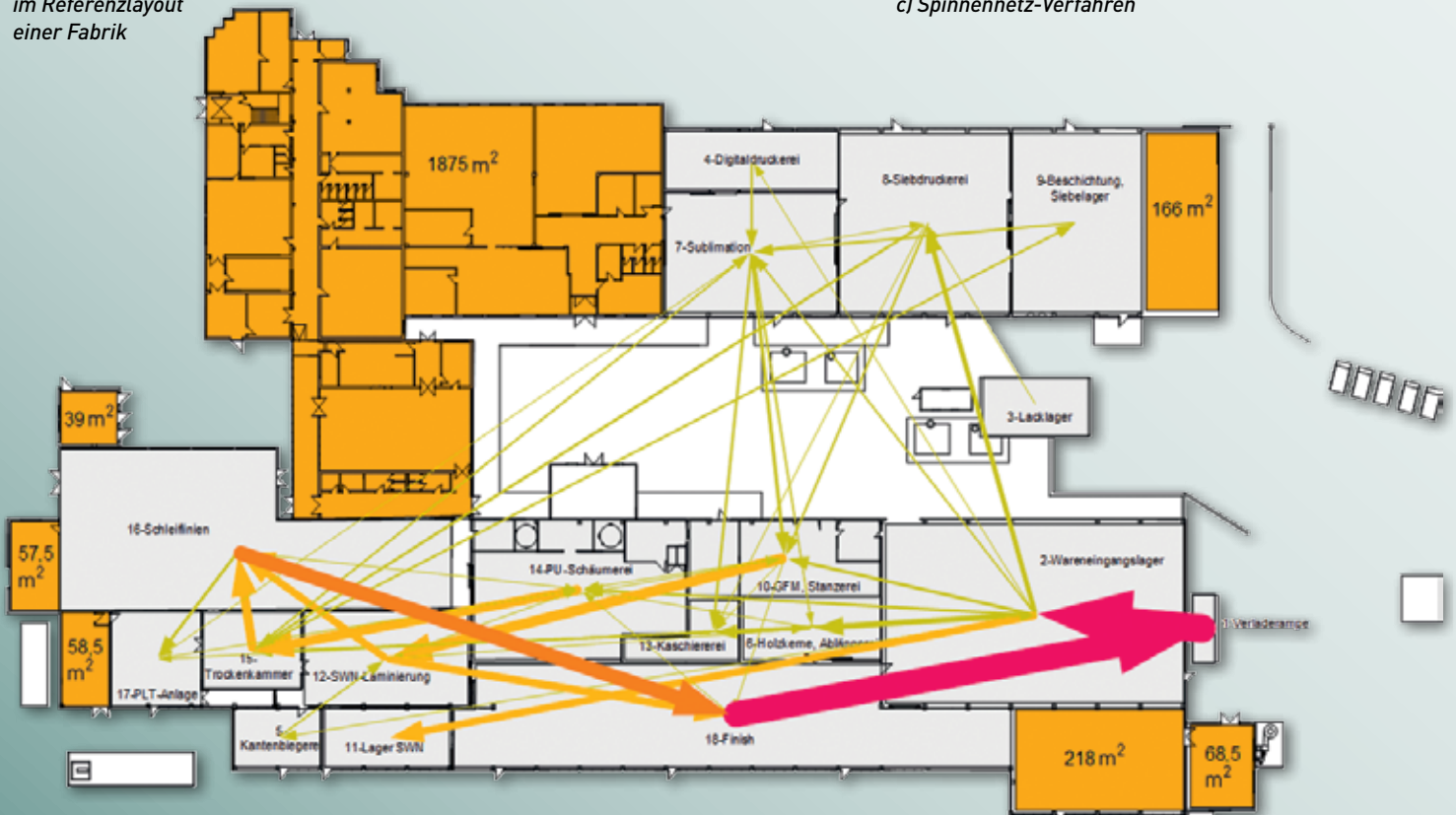


Bio-inspirierte Fabriklayouts

Natur-Modelle für einen effizienten Materialfluss



1 Materialflüsse im Referenzlayout einer Fabrik



2 Biologisch inspirierte Fabriklayouts:
a) Bienenwaben-Verfahren,
b) Fibonacci-Verfahren,
c) Spinnennetz-Verfahren

In Fertigungsunternehmen soll ein effizienter Materialfluss die Transportwege und -zeiten verkürzen, die Produktivität erhöhen und die Kosten reduzieren. Um diese Ziele zu erreichen, ist ein gut durchdachtes Fabriklayout notwendig. Im Beitrag werden Forschungsergebnisse vorgestellt, die das Potenzial von biologisch inspirierten Layouts verdeutlichen.

Bei der Erforschung von unterschiedlichen Themen im Bereich der Biologie haben Wissenschaftler festgestellt, dass Organismen oftmals über sehr ausgeklügelte Fähigkeiten verfügen, um sich bestmöglich an ihre Umwelt anzupassen. Ein bekanntes Beispiel ist die Lotuspflanze, deren Blätter eine spezielle Oberflächenstruktur aufweisen [1]. Der Effekt, dass das auftreffende Wasser immer abperlt und dabei auch Schmutzteilchen mitnimmt, wird heute für selbstreinigende Oberflächen genutzt. „Bionik ist der Versuch, von der Natur zu lernen. Dabei geht es um die Entwicklung von Innovationen auf der Basis der Erforschung... biologischer Strukturen, Funktionen, Prozesse und Systeme.“ [2, S. 18]. Eine kürzlich durchgeführte Studie zeigt, dass auch in den Forschungsaktivitäten der Logistik immer mehr auf diese Prinzipien der belebten Natur zurückgegriffen wurde. Beachtlicher Weise stammen über die Hälfte der Publikationen aus China [3].

Übertragung auf Fabriklayouts

Die Entwicklung von biologisch inspirierten Fabriklayouts ist das Ziel des aktuellen Forschungsprojektes „BioFacLay“. Unter der Leitung der TU Graz arbeitet ein interdisziplinäres Team – beteiligt sind auch die BTU Cottbus, die Universität Tübingen, die TU Wien und die Knapp AG – an den potenziellen Fabriklayouts der Zukunft. Eine Fabrik kann als lebender Organismus, in dem Stofftransporte über die Grenzen und innerhalb des Systems stattfinden, interpretiert werden.

Dies legt nahe, Fabriklayouts mit Systemen aus der Biologie zu vergleichen, da dort ebenfalls sowohl Wachstums- als auch Input-Output-Prozesse stattfinden [4].

Referenzunternehmen und klassische Layoutplanung

Um verschiedene Fabriklayouts vergleichbar zu machen, kann die Transportleistungsziffer (TLZ) herangezogen werden [5, S. 290]:

$$TLZ = \sum \sum t_{ij} \cdot e_{ij}$$

t_{ij} Transportintensität zwischen Betriebsmittel i und Betriebsmittel j
 e_{ij} Distanz zwischen Betriebsmittel i und Betriebsmittel j .

Anhand der TLZ kann festgestellt werden, ob sich Änderungen im Layout positiv (TLZ sinkt)

oder negativ (TLZ steigt) auf das gesamte innerbetriebliche Transportaufkommen auswirken. Die TLZ ist ein nützliches Maß für die Qualität einer entwickelten Layoutversion [6]. Um das Potenzial von biologisch inspirierten Fabriklayouts ermitteln zu können, wurde zunächst ein reales Layout eines Unternehmens (Bild 1) als Referenz verwendet. Mithilfe der traditionellen Layoutplanungsverfahren (z. B. Kreisverfahren nach Schwerdtfeger, Dreiecksverfahren nach Schmigalla und Reihenfolgeverbesserungsverfahren nach VDI 2498) wurden erste Optimierungen vorgenommen, um diese Ergebnisse in weiterer Folge mit bio-inspirierten Verfahren zu vergleichen.

Bio-inspirierte Layouts

Nachdem passende Analogien in der belebten Natur gesucht und gefunden worden waren, wurde das Referenzlayout (Bild 1) entsprechend den unterschiedlichen biologischen Vorbildern abgewandelt (Bild 2):

Bienenwaben-Verfahren [4, 7]

Das Bienenwaben-Verfahren (Bild 2 a) basiert auf dem regulären Sechseck, das zwei Besonderheiten aufweist: Erstens ist es das einzige gleichseitige Polygon (neben Dreieck und Viereck), mit dem eine Ebene lückenlos gefüllt werden kann. Zweitens bildet es, im Vergleich zu anderen Flächen, bei gleichem Flächeninhalt den kleinsten Umfang. Außerdem wurde bei der Beobachtung von Bienen festgestellt, dass die meisten Aktivitäten im Zentrum der Brutkammer stattfinden. Dies bedeutet, dass in einem Fabriklayout die Bereiche mit den meisten Transportvorgängen ebenfalls zentral angeordnet werden müssen. Stationen mit geringerer Transportintensität werden in die Peripherie ausgelagert. Die Wabenwände stellen in diesem Modell die möglichen Wege des Materialflusses dar, die aufgrund der Sechseckform minimal sind.

Fibonacci-Verfahren [4, 8]

Im Bild 2 b ist ein Kopffüßler (lat. nautilus macromphalos) dargestellt, dessen Schale der Fibonacci-Spirale gleicht. Grundlage dafür ist die Fibonacci-Folge und damit verbunden sowohl der goldene Winkel als auch die goldene Spirale. In vielen Wachstumsvorgängen der Natur finden sich diese Fibonacci-Prinzipien wieder. Damit kann z. B. die optimale Lichtausbeute von Blättern oder aber ebenso die optimale Platzausbeute von Samen bei Sonnenblumen sichergestellt werden. Diese Prinzipien dienen auch als Analogie der Fabriklayouts, die gemäß der Fibonacci-Spirale geplant wurden. Die Außenschale der Spirale wurde hierbei als zentraler Transportweg interpretiert.

Spinnennetz-Verfahren [4, 8]

Die echte Radnetzspinne (lat. Araneidae) baut ihr Netz nach einem bestimmten Muster auf (Bild 2 c). Dabei fällt auf, dass sie sich nie tangential, sondern immer nur radial bewegt. In

Nächste Messen:
 13.03.-15.03.2018 LogiMAT
 25.09.-27.09.2018 FachPack



Das nach da?

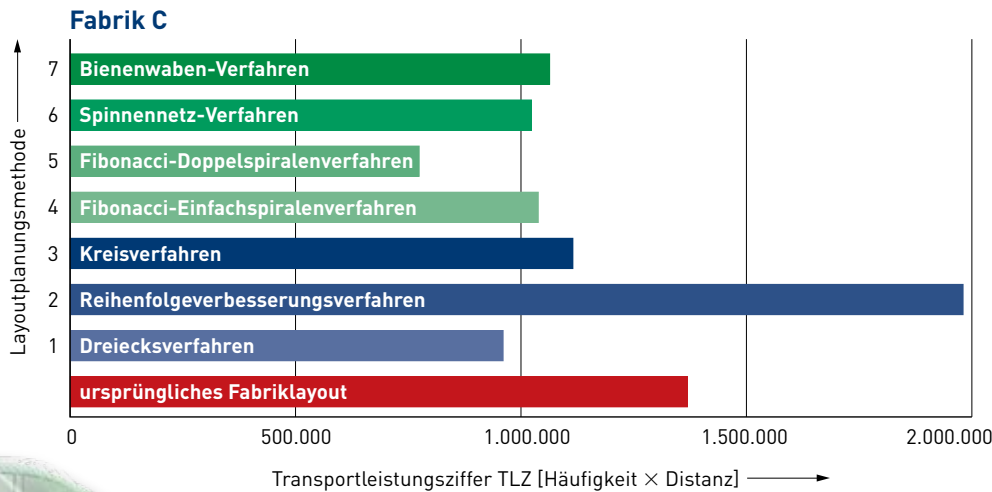
Läuft.

Unsere Förderanlagen.

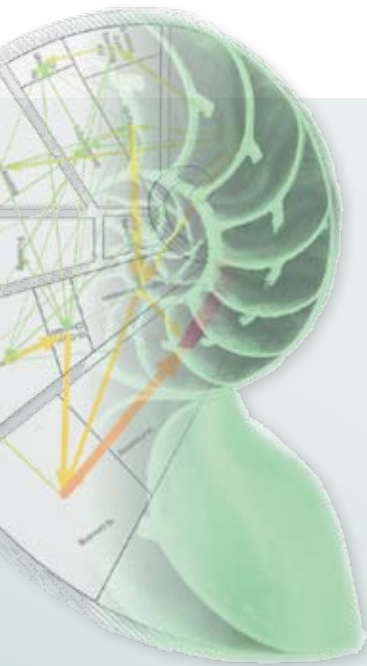
Automatisch, innovativ,
 wirtschaftlich & leise.

Wir beraten Sie gerne.
www.haro-gruppe.de

HaRo®



3 Vergleich der bio-inspirierten und der klassischen Methoden anhand der Transportleistungsziffern



diesem Fall besteht die Analogie darin, dass die Lagerflächen im Mittelpunkt und die Produktionsbereiche außerhalb des Zentrums angeordnet werden. Dazwischen ist ein Rangierbereich für die Transportmittel vorgesehen. Die Materialflüsse verlaufen folglich hauptsächlich radial.

Vergleiche und Diskussion

Im Bild 3 werden die Transportleistungsziffern der erzeugten Layouts miteinander verglichen. Festzustellen ist, dass das ursprüngliche Fabriklayout mit fast allen Verfahren verbessert wurde. Mit dem Fibonacci-Doppelspiralenverfahren wurde eine Verbesserung von fast 44% erzielt, was eine deutliche Steigerung der Effizienz darstellt. Das klassische Dreiecksverfahren liefert aber mit geringerem Aufwand ebenso eine Verbesserung von fast 30%. Prinzipiell lässt sich konstatieren, dass biologisch inspirierte Fabriklayouts durchaus ein großes Potenzial haben – vor allem in puncto Wandlungsfähigkeit und Flexibilität –, die zu bevorzugende Methode jedoch erheblich vom zugrundeliegenden Fertigungsprinzip der untersuchten Fabrik abhängt.

Ausblick

Die beschriebenen Beispiele sind nur ein kleiner Auszug möglicher Analogien. Derzeit wird im Projekt „BioFacLay“ an weiteren potenziellen Analogien aus der Biologie geforscht. Dazu gehört beispielsweise die Untersuchung der Verästelung von Blutgefäßen oder der Transportprozesse in der Leber. Außerdem wird überprüft, ob die bionischen Methoden auch in anderen Layouts zu Einsparungen führen. Dazu werden Layouts aus aktuellen Intra-logistikprojekten der Knapp AG aufbereitet. „BioFacLay“ wird von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und der Knapp AG finanziert.

Literatur

- [1] Barthlott, W.; Neinhuis, C.: Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202 (1997) 1, S. 1–8.
- [2] Gleich, A.v.; Pade, C.; Petschow, U.; Pissarskoi, E.; Affinas, S.: *Bionik. Aktuelle Trends und zukünftige Potenziale*. Bremen: Universität Bremen, Fachbereich 4 Produktionstechnik, 2007.
- [3] Tinello, D.; Knödl, M.; Jodin, D.; Winkler, H.: *Study of biomimetics applied to logistics, material handling, SCM and manufacturing. A bibliometric analysis (1990-2013)*. *Logistics Journal*, 2017, S. 1–15.
- [4] Tinello, D.; Boley, M.; Gebeshuber, I.C.; Winkler, H.: *Bionik in der Logistik – umsetzbares Potential! Logistisches Produktionsmanagement. 4. Wissenschaftlicher Industriegistik-Dialog in Leoben*, 1. Auflage, Berlin: epubli 2017, S. 125–139.
- [5] Arnold, D.; Furmans, K.: *Materialfluss in Logistiksystemen*, 6. Aufl. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag 2009.
- [6] VDI 3595: *Methoden zur materialflußgerechten Zuordnung von Betriebsbereichen und -mitteln*. Berlin: Beuth 1999.
- [7] Tinello, D.; Winkler, H.; Jodin, D.; Toferer, M.: *Biomimetics applied to factory layout planning: honeycombs as bio-inspiration to reduce internal transport costs in factories*. In: Kartnig, G., Zrnić, N., Bošnjak, S.: *XXI International Conference on „Material Handling, Constructions and Logistics“ 2015*. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering (2015) S. 161–164.
- [8] Tinello, D.; Jodin, D.; Winkler, H.: *Biomimetics applied to factory layout planning. Fibonacci based patterns, spider webs and nautilus shell as bio-inspiration to reduce internal transport costs in factories*. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* (2016) 13, S. 51–71.

Ing. Mag. Daniel Tinello,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technische Logistik der TU Graz



Prof. Herwig Winkler,
Inhaber des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft an der BTU Cottbus



Dr. Manfred Drack,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Evolution und Ökologie der Universität Tübingen



Prof. Ilse Gebeshuber,
Associate Professor am Institut für Angewandte Physik der TU Wien



Dipl.-Ing. Mag. Danijela Bevanda-Rauch,
Head of Design Development bei der Knapp AG in Hart bei Graz

