



SCHWEIZER **LOGISTIK** **KATALOG** **2010**

Das Jahrbuch
für Materialfluss
und Logistik



Dezentrale Steuerung in MaterialflusssystemenDipl.-Ing.
Sergey Libert

Softwareagenten in der Logistik

Die zunehmende Komplexität der Materialflusssysteme mit drastischer Reduzierung der Systembeherrschbarkeit führt zu einem Paradigmenwechsel in den Steuerungsarchitekturen von zentral zu dezentral. Neben der Verteilung der Steuerungshardware zwecks Steigerung der Ausfallsicherheit sind neue Software- und Strategiekonzepte gefragt. Als vielversprechender Lösungsansatz werden Softwareagenten zur Steuerung dezentraler Systeme untersucht und erforscht. Mit Erforschung der Agententechnologie für den Einsatz in der Logistik hat sich das Konzept virtueller Lager als ein weiteres potenzielles Einsatzgebiet herausgestellt.

UNIV.-PROF. DR.-ING. DIRK JODIN, INSTITUT FÜR TECHNISCHE LOGISTIK DER TU-GRAZ;
DIPL.-ING. SERGEY LIBERT UND DIPL.-LOGIST. JÖRG ZELLERHOFF, LEHRSTUHL FÜR FÖRDER- UND LAGERWESEN DER TU-DORTMUND

Dipl.-Logist.
Jörg Zellerhoff

Planung und Steuerung von Informations- und Materialflüssen sowie die damit verbundene Verwaltung von Transport- und Handhabungsressourcen stellen eine Kernaufgabe logistischer IT-Systeme dar. Heutzutage gewinnen Logistiksysteme zunehmend an Komplexität, wodurch sich ein Wechsel von einem vorhersagbaren zu einem nicht mehr deterministischen Systemverhalten vollzieht [tHo08]. Um weiterhin eine optimale Planung und Steuerung der Informations- und Materialströme zu gewährleisten, muss auch bei der Entwicklung der IT-Lösungen ein entsprechender Wechsel stattfinden.

Statische zentrale Planungs- und Steuerungsansätze sind mit ihren prozessorientierten Konzepten nur bedingt für die Anforderungen dieser komplexen und hoch dynamischen Systeme geeignet. Um den Anforderungen nach Flexibilität, Robustheit und Skalierbarkeit gerecht zu werden, müssen IT-Systeme der Logistik auf modernste Softwaretechnologien zurückgreifen.

Dezentrale IT-Systeme zur Beherrschung komplexer Logistikstrukturen

Die Notwendigkeit des Paradigmenwechsels in der Steuerung logistischer Systeme von einem zentralen, funktionsorientierten Ansatz zu dezentralen, servicebasierten Lösungen wurde am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund schon früh erkannt (vgl. [tHo06], [tHL+06]). Deshalb werden bereits in einer Vielzahl angewandter Forschungsprojekte dezentrale Steuerungssysteme untersucht, Realisierungsmöglichkeiten konzipiert und mittels Simulationsmodellen und Demonstratoren getestet. Ziel der Forschungsprojekte ist das Erarbeiten der theoretischen und praktischen Grundlagen dezentraler IT-Systeme in logistischen Anwendungen. Damit verknüpft sind auch Bemühun-

gen, das Wissen über Einsatzmöglichkeiten und die Vor- und Nachteile derartiger Systeme für die Praxis zugänglich zu machen.

Als eine vielversprechende Realisierungsform für dezentrale IT-Systeme erscheint heute der Einsatz von Softwareagenten. Im vorliegenden Beitrag werden zwei Lösungen vorgestellt, welche Ansätze zur Anwendung der Agententechnologie in der Domäne der Logistik demonstrieren.

Agenten im Profil

Ursprünglich stammen Agenten aus dem Gebiet der künstlichen Intelligenz [RNo04], [Fer01], [Wei99] und werden häufig über ihre Grundeigenschaften definiert (vgl. [WGU03]). Ein Agent kapselt seinen Zustand und sein Verhalten ähnlich den Objekten in der objektorientierten Softwareentwicklung. Im Gegenteil zu den Objekten kann ein Agent sowohl reaktiv als auch proaktiv handeln und ist somit autonom. Das heißt, dass das Verhalten, mit dem ein Agent auf externe Stimuli reagiert, durch den Agenten selbst bestimmt wird und nicht von «ausserhalb» festlegbar ist. Ein Agent orientiert sein Verhalten an einem bestimmten Ziel, welches er zu erreichen versucht. Ziele können entweder vom Entwickler oder zur Laufzeit von einem Benutzer in Form eines Auftrags festgelegt werden. Agenten können untereinander in Wechselwirkung (zum Beispiel Verhandlungen) treten. Sie interagieren miteinander, um individuelle Ziele zu erreichen oder um Abhängigkeiten untereinander zu handhaben. Ein Agent verfügt über die Fähigkeit, seinen inneren Zustand während des Lebenszyklus beizubehalten.

Agenten, ihre Beziehungen untereinander und eine Umwelt, in der die Agenten agieren, wird Agentensystem genannt. Dank ihrer Anpassungsfähigkeit und einer hohen Skalierbarkeit

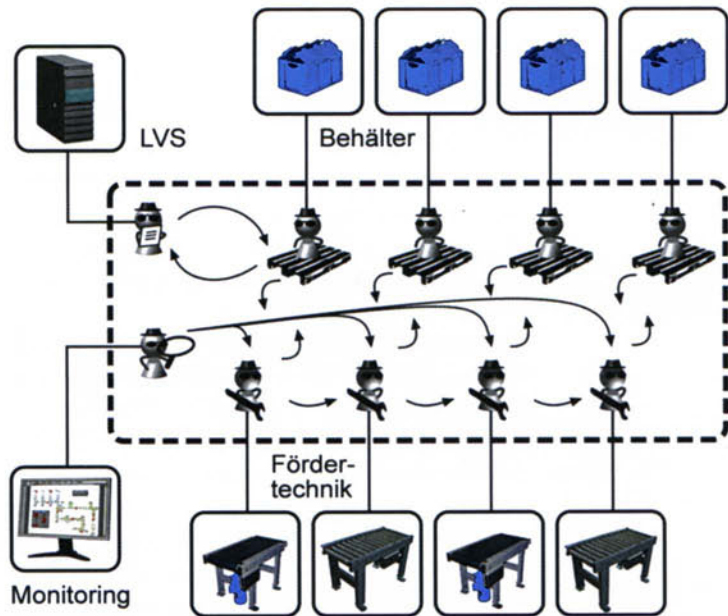
haben Agentensysteme grosse Bedeutung in der Softwaretechnik erlangt (vgl. [Bec93]). Analog zur objektorientierten Softwareentwicklung wird hier über eine agentenorientierte Softwareentwicklung gesprochen (AOSE) (vgl. [Wei02], [Ber05]). Typische Einsatzfelder für Softwareagenten sind die Informationssuche und -verarbeitung sowie die Realisierung von Benutzerinteraktionen in verteilten Anwendungen und der e-Commerce [MJo00].

Agenteneinsatz in der Logistik und Produktion

Obwohl Agentensysteme in den Bereichen Internet und Telekommunikation seit Jahren im Einsatz sind, stecken die agentenbasierten Anwendungen in der Logistik noch in den Kinderschuhen. Unterstützt durch deutsche und europäische Forschungsgemeinschaften, wurde eine Vielzahl von Projekten gestartet, die sich mit diesem Thema befassen.

Auf dem Markt der Softwareapplikationen für Logistik werden nur wenige Produkte angeboten, die auf der Agententechnologie aufbauen. So ermöglicht Whitestein Technologies (www.whitestein.com) mit ihrem «Living Systems Adaptive Transportation Networks» eine agentenbasierte Lastoptimierung und Disposition in Transportnetzwerken. Weitere konzeptionelle Lösungen kommen aus dem universitären Bereich. In der innerbetrieblichen Logistik werden Agenten für dispositive Steuerung von fahrerlosen Transportsystemen [LRG+01] oder modularen Lagersystemen verwendet [TtH06]. Der Einsatz von Agenten für operative Anlagensteuerung bleibt weiterhin ein offenes Forschungsthema, insbesondere wegen der Konfrontation mit den Echtzeitanforderungen [LNH08].

Eine etwas längere Geschichte hat die Forschung zum Einsatz von Agenten in Produktionssystemen. So entwickelte die DaimlerChrysler AG bereits 2000 eine prototypische agentenbasierte Materialflusssteuerung für



eine Produktionslinie am Standort Stuttgart [SBu01]. Mit der PROBADIS-Initiative wird versucht, Systemarchitekturen für agentenbasierte Produktionssteuerungssysteme festzulegen [KLü03]. Darüber hinaus sind auch in anderen Disziplinen verschiedene Aktivitäten zu agentenbasierten Lösungen vorhanden [WGö05], [Kur02], [Gro98], [Lan93].

↑ Jeder Agent verfügt über seine Kompetenz und handelt danach (Bilder: TU Dortmund)

Agenten steuern Technik

Zukunftsorientierte Systeme für die Materialflusssteuerung müssen neben der Erfüllung von Leistungsanforderungen eine Reihe weiterer Eigenschaften aufweisen. Die Systeme müssen flexibel bei Lastspitzen und robust gegenüber Störungen sein, aus den leicht erweiterbaren beziehungsweise austauschbaren Komponenten (Betriebsstrategien) bestehen und für ein möglichst breites Spektrum von Anwendungsfällen einsetzbar sein. Zur Umsetzung dieser Anforderungen lässt sich eine gute Skalierbarkeit und Anpassungsfähigkeit von Multiagentensystemen zunutze machen. →

Diesem Vorgehen wird im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes Internet der Dinge gefolgt [IML08]. In einer Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund, dem Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund und weiteren Partnern aus der Industrie wurde eine agentenbasierte Materialflussteuerung für eine Demonstrationsanlage entworfen und in Betrieb genommen. Bei dem realisierten Betriebsszenario handelt es sich um einen Kommissionierablauf nach dem Prinzip Ware-zur-Person. Die Steuerungsagenten übernehmen dabei die Kontrolle über einzelne Abschnitte der Fördertechnik. Neben den Agenten, die für die Steuerung der Fördertechnik zuständig sind, existieren im System auch weitere Agenten. Insgesamt können drei Klassen von Systementitäten und somit drei Arten von Agenten unterschieden werden:

- Behälteragenten repräsentieren das Fördergut in der Anlage. Durch Behälteragenten sind sowohl Kommissionierungsboxen als auch die artikelreinen Transportboxen abgebildet. Eine Synchronisation zwischen den Behälteragenten und dem zugehörigen Fördergut erfolgt mittels RFID. Auf den Tags werden transport- und kommissionierungs-

relevante Daten eines Behälteragenten gespeichert.

- Fördertechnikagenten repräsentieren und steuern entsprechende fördertechnische Einrichtungen wie Förderer, Weichen und Stau-strecken. Jeder Förderabschnitt beziehungsweise jede Fördereinrichtung wird als eine Entität modelliert und besitzt einen eigenen Fördertechnikagenten.
- Serviceagenten realisieren zusätzliche Funktionen, wie beispielsweise die Schnittstelle zur Auftragsverwaltung oder die Visualisierung der Förderanlage.

Der Betriebsablauf bei der Kommissionierung erfordert eine Koordination zwischen den einzelnen Agenten. Diese erfolgt über eine verteilte Agentenplattform. Für die Agenten bleibt dabei transparent, ob diese auf einem einzigen Rechner oder auf einer verteilten Hardware instanziiert sind.

Das «Virtuelle Lager» – Agenten verwalten Ressourcen

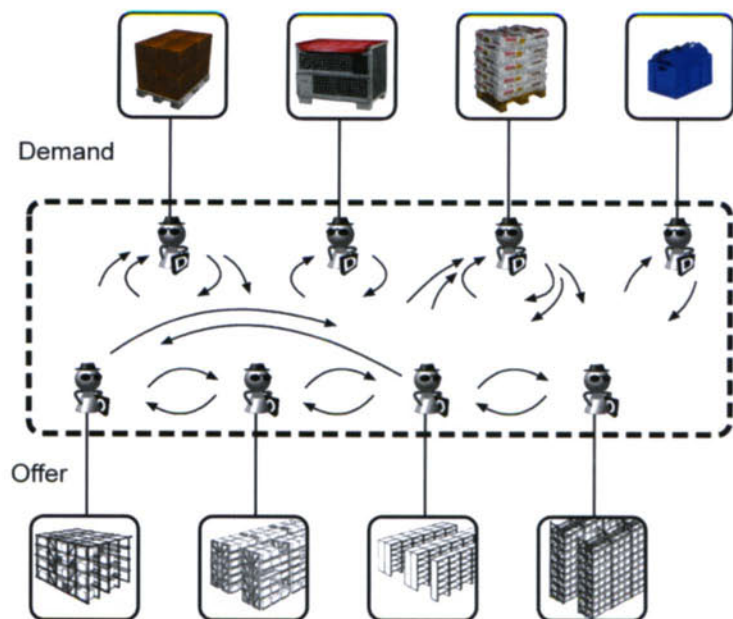
Auf der Suche nach einer Möglichkeiten zur effizienteren Nutzung von verfügbaren Lagerressourcen wurde mit dem «Virtuellen Lager» am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund ein weiteres Anwendungsfeld

für die Agententechnologie entwickelt [JZe08], [Zel08]. Der Impuls für das Forschungsvorhaben zur Modellierung eines solchen virtuellen Lagers wurde durch die Idee zu einer unternehmensübergreifenden Nutzung von Lagerressourcen gegeben. Gerade hier zeigt sich grosses Potenzial zur Verbesserung, da man von einer ökonomisch optimalen Nutzung der Lagerressourcen heute weit entfernt ist.

Grundgedanke des virtuellen Lagers ist der temporäre Zusammenschluss verschiedener Unternehmen zu einem dynamischen Kooperationsverband, in dem die räumlich und organisatorisch getrennten Lagerkapazitäten unternehmensübergreifend genutzt werden. Mitgliedsunternehmen geben bei einer geringen Auslastung Teile der eigenen Lagerkapazität temporär für Kooperationspartner frei (Anbieter). Andere Unternehmen, deren Lagerkapazitäten sich als zu klein erweisen, können diesen Lagerraum für einen festgelegten Zeitraum anmieten (Nachfrager). Dabei endet das Konzept des «Virtuellen Lagers» nicht beim Informationsaustausch zwischen den Parteien.

Egoistische Agenten

Die optimale Zuordnung von Angebot und Nachfrage bei einer hohen Anzahl an Mitglieds-



unternehmen stellte das komplexeste Problem bei der Umsetzung dar und erfolgt durch ein prototypisch entwickeltes, dezentrales Informationssystem. Hierbei kommen Softwareagenten zum Einsatz, die marktwirtschaftliche Heuristiken zur Allokation der Lagerressourcen verwenden [ZtH08]. Diese basieren auf dem ökonomischen Prinzip der Pareto-Optimierung. Die einzelnen

↑ Jeder Agent kann bei Bedarf aber auch mit anderen Agenten verhandeln und Vereinbarungen treffen

Agenten, welche jeweils eine Ressource oder eine Nachfrage vertreten, handeln egoistisch und kostenbasiert, um so ihren Nutzen zu maximieren. Genau wie in realen Märkten wird durch diese Verhaltensweise auch im virtuellen Lager eine gesamtwirtschaftlich effiziente Güterallokation erreicht (unsichtbare Hand des Marktes), obwohl kein Organ die Gesamtwohlfahrt kontrolliert und alle Agenten egoistisch handeln. In dem entwickelten Informationssystem unterstützen die Agenten nach der Angebots- und Nachfrageallokation auch die zur Durchführung der anschließenden Lagerkooperation notwendigen Prozesse. Hierzu können Anbieter und Nachfrager Services zur Terminabsprache nutzen. Abschliessend wickeln Angebots- und Nachfrageagenten die Abrechnung für die durchgeführte Mietleistung ab. Zusätzlich ist das Informationssystem mit einer Workbench verknüpft, die sich aus Standardprozessen verschiedenster Branchen zusammensetzt. Aus diesen Einzelprozessen müssen die Teilnehmer Prozessketten erstellen, um die angebotene oder nachgefragte Lagerleistung klar zu definieren.

Auch für Produktionsressourcen interessant

Grundsätzlich sollte der agentenbasierte Ansatz zur unternehmensübergreifenden Nutzung von innerbetrieblichen Ressourcen nicht auf den Bereich der Lagerung beschränkt bleiben. Eine Erweiterung des «Virtuellen Lagers» in den Bereich der arbeitsintensiven Kommissionierung ist denkbar, da hier aufgrund der Personalkosten eine konstante Auslastung der Mitarbeiter besonders wichtig ist. Auch in der Produktion, welche sich durch hohe Fixkosten von Maschinen auszeichnet, kann eine effiziente Nutzung der Produktionsressourcen erreicht werden, indem Produktionskapazitäten in einem unternehmensübergreifenden Netzwerk angeboten und nachgefragt werden.

Fazit/Ausblick

Dezentrale Architekturen sind derzeit auf dem Vormarsch. Sie werden als vielversprechender Weg gesehen, um komplexe Systeme zu beherrschen und gleichzeitig die notwendige Flexibilität zu gewährleisten. Im Rahmen derartiger Architekturen, die nicht nur die Steuerungstechnik, sondern auch die Materialflusstechnik verändern werden, sind Softwareagenten in den IT-Systemen der Logistik wichtige Bausteine. Neben den genannten Beispielen werden auch Transportaufgaben oder die Lagerbedienung zukünftig zunehmend durch miniaturisierte autonome Fahrzeuge realisiert werden. Beispiele hierfür sind das in Dortmund für Dematic entwickelte «Multishuttle» oder das «OSR32» von Knapp,

das «Picking Tray System (PTS)» von Savoye oder von Vanderlande das «Quickstore HDS».

Literatur

[Bec93] von Bechtolsheim, M.: Agentensysteme – Verteiltes Problemlösen mit Expertensystemen. In: Programm Angewandte Informatik, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 1993, ISBN 3-528-05297-X.

[Ber05] Bernon, C.; Cossentino, M.; Pavon, J.: An Overview of Current Trends in European AQSE Research. In: Informatica, 29 (2005), S. 379–390.

[Fer01] Ferber, J.: Multiagentensysteme, Eine Einführung in die verteilte künstliche Intelligenz, Deutsche Übersetzung von Stefan Kirn. Addison-Wesley Verlag, München, 2001.

[Gro98] Groh, S.: Ein agentenbasiertes, flexibles, anpassungsfähiges Ressourcenmanagement für verteilte, parallele und kooperative Systeme. TU München, Fakultät für Informatik, 1998.

[Jze08] Jodin, Dirk; Zellerhoff, Jörg: Im virtuellen Lager erhöhen autonome Agenten den Service. In: Wolf-Kluthausen, H. (Hrsg. Bd.): Jahrbuch der Logistik 2008, Korschbroich: Verlag free beratung GmbH, 2008, S. 219–223, ISBN 3-9809412-4-8.

[KLü03] Klemm, E.; Lüder, A.: Agentenbasierte Flexibilisierung der Produktion bei Verwendung von vorhandenen Steuerungssystemen. In: atp, 45 Nr. 4 (2003).

[Kur02] Kurth, A.: Entwicklung agentenorientierter Informationssysteme für die Fertigungstechnik. Dr. Chaled Shaker, 2002, ISBN 3-8322-0726-0.

[Lan93] Lange, N.: Dezentrale, universelle Steuerungsarchitektur für flexible Fertigungssysteme. Eversheim, W.; König, W.; Pfeifer, T. et al. (Hrsg. R.), Berichte aus der Produktionstechnik, Dr. Chaled Shaker, 1993, ISBN 3-86111-640-5.

[LNH08] Libert, S.; Nettsträter, A.; ten Hompel, M.: Das RTL-Modell für dezentrale Materialflusssteuerung. In: Crostack, H.-A.; ten Hompel, M. (Hrsg. Bd.): Berichte aus dem SFB 696, Dortmund: Praxiswissen, 2008, S. 137–161.

[LRG+01] Lehmann, M.; Raffel, W.-U.; Günther, H.-O.; Wagner, G.: Modellierung und Simulation von fahrerlosen Transportsystemen als Multiagentensysteme. Extended abstract zum 4. Kolloquium «SPP Agenten», Bonn, 2001.

[MJo00] Murch, R.; Johnson, T.: Agententechnologie: Die Einführung – Intelligente Software-Agenten auf Informationssuche im Internet. Addison-Wesley, München, 2000, ISBN 3-8273-1652-9.

[RNo04] Russell, S. J.; Norvig, P.: Künstliche Intelligenz. Pearson Studium, München, 2004, S. 55–84, ISBN 3-8273-7089-2.

[SBu01] Sundermeyer, K.; Bussman, S.: Einführung der Agententechnologie in einem produzierenden Unternehmen – Ein Erfahrungsbericht. In: Wirtschaftsinformatik, 43 Nr. 2 (2001), S. 135–142.

[tHo06] ten Hompel, M.: Zelluläre Fördertechnik. In: LOGISTIK entdecken, Nr. 2 (2006), S. 6–7.

[tHL+06] ten Hompel, M.; Libert, S.; Sondhof, U.: Distributed Control Nodes for Material Flow System Controls on the Example of Unit Load Conveyor and Sorter Facilities. In: Logistics Journal (2006), S. 1–8.

[tIH06] Trautmann, A.; ten Hompel, M.: Modellierung prozessadaptiver Agenten zur Steuerung autonomer Lagerfahrzeuge. In: 3. Wissenschaftssymposium Logistik 2006, Dortmund, 2006.

[tHo08] ten Hompel, M.: Intralogistik – Auf dem Weg vom Prozess zum Service. In: Baumgarten, Helmut (Hrsg. Bd.): Das Beste der Logistik – Innovationen, Strategien, Umsetzungen, Berlin [u.a.]: Springer, 2008, ISBN 978-3-540-78404-3.

[Wei99] Weiss, G.: Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1999.

[Wei02] Weiss, G.: Agent orientation in software engineering. Knowledge Engineering Review, Vol. 16 (4), 2002, S. 349–373.

[WGU03] Wagner, T.; Göhner, P.; De A. Urbano, P.: Softwareagenten – Einführung und Überblick über eine alternative Art der Softwareentwicklung. Teil I: Agentenorientierte Softwareentwicklung. atp – Automatisierungstechnische Praxis 45 (2003), Heft 10.

[WG605] Wagner, T.; Göhner, P.: Aufbau von Agentensystemen zur Unterstützung komponentenbasierter Entwicklungsprozesse (Architecture of Agent Systems Supporting Component-based Engineering Processes). In: Information Technology 47 (1), 2005, S. 5–12.

[Zel08] Zellerhoff, Jörg: Modellierung eines Informationssystems für ein «Virtuelles Lager». In: SFB 559 «Modellierung grosser Netze in der Logistik» (Hrsg. Bd.): Technical Report 08002, Dortmund: im Eigenverlag, 2008.

[ZtH08] Zellerhoff, J.; ten Hompel, M.: Das virtuelle Lager – Effizienz durch die unternehmensübergreifende Nutzung der intralogistischen Ressourcen. In: Professur Fördertechnik der TU Chemnitz, WGLT (Hrsg. Bd.): 4. Fachkolloquium der WGTL, Chemnitz, 2008, S. 132–140, ISBN 978-3-9812554-0-9.

[IML08] Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik Dortmund: Forschungsprojekt – Das Internet der Dinge. URL <http://www.internet-der-dinge.de> – Abrufdatum: Apr. 2008.

Kontakt

Technische Universität Dortmund
 Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen
 Dipl.-Logist. Jörg Zellerhoff
 Emil-Figge-Strasse 73, DE-44221 Dortmund
 Tel. 0049 231 755 48 63, Fax 0049 231 755 47 68
joze@flw.mb.tu-dortmund.de
www.flw.mb.tu-dortmund.de



**SCHWEIZER
LOGISTIK
KATALOG
2010**

Ausgabe 2010
35. Jahrgang

Herausgeber
Binkert Medien AG
Baslerstrasse 15, Postfach 32
5080 Laufenburg
Telefon 062 869 79 00
Telefax 062 869 79 01
binkertmedien@binkert.ch
Postcheckkonto 80-4594-2

Geschäftsleitung
Uwe E. Wirth
uwirth@binkert.ch, Telefon 062 869 79 10

Redaktion
Robert Meier
rmeier@binkert.ch

Marketingleitung
Elvira Christen
echristen@binkert.ch, Telefon 062 869 79 19

Anzeigenverkauf
Marianne Leimeroth
mleimeroth@binkert.ch, Telefon 062 869 79 35

Anzeigenservice
Udo Oppermann
uoppermann@binkert.ch, Telefon 062 869 79 32

Vertrieb
Rita Erhard
rerhard@binkert.ch, Telefon 062 869 79 31

Layout und Druck
Binkert Druck AG, Laufenburg

Auflage
4500

Erscheinungsweise
Einmal pro Jahr
ISSN: 1661-1918

Bezugspreis
CHF 45.– inkl. MwSt.