

Selbstorganisation und Selbststeuerung in lebenden Systemen

Autor: Stefan Knobel

Wie funktioniert der Mensch? Wie funktioniere ich? Das sind die beiden zentralen Fragen des Fachgebiets der Kinästhetik. Diese Fragen sind nicht einfach zu beantworten. Zwei wesentliche Perspektiven, die zur Beantwortung dieser Fragen einen Zugang liefern, sind die Begriffe Selbstorganisation und Selbststeuerung.

WAS IST LEBEN? 1.0

WAS IST LEBEN? Diese Frage hat sich der Physiker Erwin Schrödinger (1887 – 1961) in seinem 1944 erschienenen Buch mit dem gleichnamigen Titel gestellt. Der wichtigste Beitrag dieses Buches war: Schrödinger betrachtete das Leben im Kontext des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Dieses physikalische Konzept beschreibt folgende Prinzipien:

- Prinzip des Wärmeflusses
Wärme kennt nur eine Richtung. Wärme fließt spontan immer vom wärmeren zum kälteren Körper. Ohne äußere Einwirkung kann sie nicht in die umgekehrte Richtung fließen.
Einfacher gesagt: Dein heißes Getränk wird in einem kühlen Raum immer kälter. Von sich aus wärmer werden, kann es nicht.

- Das Prinzip der Entropiezunahme
Abgeschlossene Systeme streben von Natur aus einem Zustand maximaler Unordnung zu. Ein geordnetes, offenes System wie ein Lebewesen benötigt deshalb ständige Energiezufuhr, um seine selbstorganisierte Ordnung aufrechtzuerhalten.

Das heißt: Lebewesen entgehen einerseits dem thermodynamischen Zerfall, indem sie kontinuierlich Nahrung und Licht aus der Umwelt aufnehmen. Andererseits sind sie in der Lage, die Energie und die Nahrung so zu verinnerlichen, dass die innere Organisation, die das Leben ermöglicht, erhalten bleibt. In diesem Sinne ist Leben ein Prozess der negativen Entropie. Lebewesen trotzen quasi dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik.

GRUNDSATZ. Schrödingers These hat zur folgenden Frage geführt: Was passiert in einem Lebewesen, damit diese negative Entropie möglich wird? Die Bearbeitung dieser Frage führt zu den Begriffen «Selbstorganisation» und «Selbststeuerung». Sie handeln von der Fähigkeit lebender Systeme, sich autonom und dynamisch zu strukturieren, auf ihre Umwelt zu reagieren und die eigene innere Organisation gegen den Prozess der Entropie zu erhalten.

WAS IST LEBEN? 2.0

DIE FÜNF GROSSEN IDEEN. Der britische Biochemiker und Zellforscher Paul Nurse (geboren 1949), ausgezeichnet mit einem Nobelpreis, hat es gewagt, achtzig Jahre nach Schrödinger ein Buch unter demselben Titel zu schreiben. Dabei reduziert er die Komplexität des Lebens in fünf große Ideen oder Prinzipien.

1. DIE ZELLE (GRUNDEINHEIT). Alles Leben besteht aus Zellen. Sei es als Einzeller oder als komplexer Vielzeller, wie die Säugetiere es sind. Nurse zeigt auf, dass Leben innerhalb einer Grenze stattfindet. Eine Zelle wird von einer Membran begrenzt. Diese Membran schafft Ordnung und ermöglicht die Selbstorganisation im Inneren, sodass ein Lebewesen der Entropie im Universum trotzen kann.
2. DAS GEN – DER GENETISCHE CODE. Die Geschichte des Lebens ist in den Genen festgehalten, welche von Generation zu Generation weitergegeben werden. Nurse sieht die DNA als stabiles Archiv des Lebens. Das Leben konnte sich über die Jahrtausende nur erhalten, weil die Grundlagen der Selbstorganisation und die Voraussetzung für eine produktive Selbststeuerung im genetischen Code gespeichert sind und als «Bauplan» weitergegeben werden.

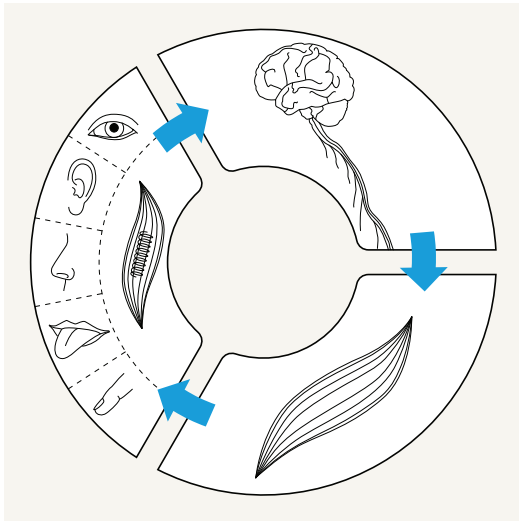


Abb. 1: Feedback-Kontroll-Prozess

3. EVOLUTION DURCH NATÜRLICHE SELEKTION. Schon Charles Darwin (1809 – 1882) hat beschrieben, dass das Leben nicht statisch ist, sondern sich durch Mutationen in den Genen ständig variiert. Nur durch das Zusammenspiel von Vererbung, Variation und natürlicher Auslese kann sich Leben an veränderte Umwelten anpassen. Das heißt, dass sich das Leben ständig weiterentwickelt.
4. DAS LEBEN ALS CHEMIE. Als Biochemiker kommt Paul Nurse nicht darum herum, die Bedeutung seines Faches in den Mittelpunkt zu stellen. Er sieht Lebewesen als ein Zusammenspiel von hochkomplexen chemischen Fabriken. Leben basiert auf biochemischen Stoffwechselprozessen, die in den Zellen koordiniert werden und dadurch die Basis für Wachstum und Selbsterhaltung bilden.
5. DAS LEBEN ALS INFORMATION. Mit dieser Perspektive rennt Nurse im Fachgebiet der Kinästhetik offene Türen ein. Nurse sieht die Zellen als logische Rechenmaschinen, welche einem zirkulären Informationsverarbeitungsprozess folgen. Leben bedeutet, Perturbationen aus dem Inneren wie auch aus der Umwelt quasi in Form zu bringen, um sinnvoll darauf zu reagieren und so selbstgesteuert das Überleben zu sichern.

NURSES DEFINITION VON LEBEN. Am Ende seines Buches führt Paul Nurse die fünf großen Ideen zu drei notwendigen Bedingungen zusammen, welche das Leben definieren:

1. *Abgrenzung:* Es muss eine physische Einheit sein (eine Zelle/ein Körper).
2. *Stoffwechsel:* Es muss ein chemisches System sein, das Energie nutzt.
3. *Evolution:* Es muss ein Informationssystem besitzen, das vererbbar ist und sich durch natürliche Selektion anpassen kann.

Lebewesen und somit auch wir Menschen sind alle Teil eines Jahrmillionen alten, zusammenhängenden Stammbaums. Diese Tatsache ist nicht nur biologisch, sondern auch ethisch bedeutsam: Es bedeutet, dass wir als denkende und geschichtsbewusste Wesen die Verantwortung für unser Handeln übernehmen müssen.

ZIRKULÄRE INFORMATIONSVERARBEITUNG

EINBLICK IN DIE INNEREN PROZESSE. Die wissenschaftlichen Arbeiten der Kybernetiker Gregory Bateson (1904 – 1980), Heinz von Foerster (1911 – 2002) und der beiden chilenischen Biologen Humberto Maturana (1928 – 2021) und Francisco Varela (1946 – 2001) haben wesentliche Einblicke in Prozesse der Selbstorganisation und Selbststeuerung ermöglicht. Diese Konzepte sind heute weit über die Biologie hinaus von Bedeutung und prägen Disziplinen wie die Psychologie, die Humanontogenetik und die allgemeine Systemtheorie.

ERFAHRUNGSWISSENSCHAFT. Das Fachgebiet der Kinästhetik befasst sich mit diesen inneren Prozessen aus einer phänomenologischen, also erfahrungsbezogenen Sicht. Die Hypothese: Wenn wir die erfahrbaren Aspekte der Selbstorganisation und Selbststeuerung auf der ErfahrungsEbene verstehen, können wir unsere Individualentwicklung beeinflussen. Um das zu erreichen, müssen wir uns aber intensiv mit der allgemeinen und der erfahrungsbezogenen Definition von Selbstorganisation und Selbststeuerung auseinandersetzen.

SELBSTORGANISATION

ORDNUNG OHNE ZENTRALE INSTANZ. Selbstorganisation bezieht sich auf die Tendenz eines Systems, aus inneren Mechanismen heraus Ordnung zu schaffen, ohne dass eine zentrale Steuerung erforderlich ist.

Diese Erkenntnis ist revolutionär. Denn das bedeutet, dass Leben, wie es Paul Nurse beschreibt, ein informationsverarbeitender Prozess der ständigen Anpassung ist. Es ist also nicht das Gehirn und es sind nicht die Gene, die

das Leben steuern. Selbstorganisation ist nur möglich, weil die Lebensprozesse auf zirkulären Prozessen beruhen, wie wir sie in der Kinästhetik im Feedback-Kontroll-Prozess (FCP für englisch: feedback control process) darstellen. Weder das motorische System noch das sensorische System oder das Nervensystem sind die Kontrollinstanz. Die Kontrolle ergibt sich aus dem immerwährenden zirkulären Informationsverarbeitungsprozess zwischen den drei Komponenten des FCP.

EIN INNERER PROZESS – MIT DEM AUSSEN GEKOPPELT. Heinz von Foerster, ein Pionier der Kybernetik, betonte einerseits, dass es sich bei diesem Prinzip der Selbstorganisation um einen inneren Prozess handelt. Andererseits zeigte er auf, dass lebende Systeme nicht isoliert existieren können. Diese inneren Selbstorganisationsprozesse sind nur möglich, weil das Lebewesen in einem ständigen Austausch mit seiner physischen Umwelt und anderen Lebewesen steht.

Zur Beschreibung dieser Tatsache prägte er den Begriff der zirkulären Kausalität (siehe Kasten «Zirkuläre Kausalität»). Das meint: Nicht nur die inneren Prozesse verlaufen zirkulär. Auch die Wechselwirkungen zwischen einem System und seiner Umwelt beruhen nicht auf linearen «Wenn-dann-Mechanismen». Das System und die Umwelt beeinflussen sich gegenseitig in einem zirkulären Prozess. Dies beeinflusst den dynamischen, inneren Selbstorganisationsprozess, bei dem das lebende System ständig seine Struktur und sein Verhalten anpasst. Dies mit dem Ziel, seine Integrität zu wahren.

Biologen konnten diesen Grundsatz am Schwarmverhalten verschiedener Tierarten aufzeigen (siehe Kasten «Schwarmverhalten»). In einem Schwarm gibt es keine zentrale Planungsstelle. Die Kompetenz des Schwarms ergibt sich aus den individuellen Entscheidungen des einzelnen Mitgliedes und der Interaktion zwischen Gruppen von Schwarmmitgliedern, was das Verhalten des gesamten Schwarmes beeinflusst.

SELBSTSTEUERUNG

SELBSTSTEUERUNG UND AUTOPOIESIS. Die Selbststeuerung geht einen Schritt weiter. Sie beschreibt die Fähigkeit eines Organismus, seine inneren Prozesse aktiv an die inneren Anforderungen wie auch an diejenigen der Umwelt anzupassen. Wegweisend in der Untersuchung der Selbststeuerung sind die Arbeiten von Humberto Maturana und Francisco Varela. Mit dem Begriff der «Autopoiesis» haben sie das Verständnis der inneren Selbststeuerung durch die Tatsache der «Selbsterschaffung» erweitert. Autopoietische Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie ihr Verhalten selbst steuern, gleichzeitig die eigenen Komponen-

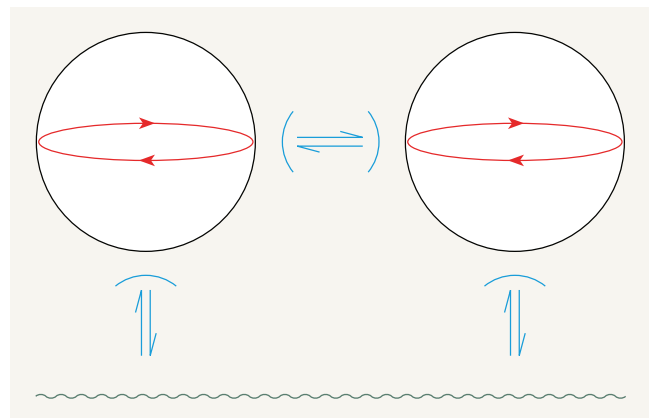


Abb. 2: Die operative Geschlossenheit gegenüber anderen Individuen und der Umwelt.

ten kontinuierlich selbst produzieren und so ihre (Selbst-)Organisation aufrechterhalten.

INFORMATION DRINGT NICHT EIN. Es ist zwar eine Tatsache, dass Lebewesen wie oben beschrieben Energie und Nahrung aufnehmen müssen – in dieser Beziehung sind sie also offene Systeme. Dem gegenüber belegen Maturana und Varela, dass Lebewesen in Bezug auf die Information operativ geschlossen sind. Sie postulieren, dass lebende Systeme Informationen nicht passiv aufnehmen, sondern diese aktiv interpretieren. Wenn Licht das Auge trifft, wird dies erst zur Information, wenn der Mensch diese «Perturbation» in einem kreativen, adaptiven Prozess, bei dem der Organismus seinen aktuellen Zustand, seine eigenen Erfahrungen und weitere Perturbationen berücksichtigt, quasi in Form bringt. Der innere Zustand und die Erfahrung des Menschen führen zur Reaktion und nicht der äußere Reiz.

DIE SYNTHESE: WECHSELWIRKUNG UND KONTEXT

ZUSAMMENSPIEL. Die Beziehung zwischen Selbstorganisation und Selbststeuerung ist komplex und wechselseitig. Während die Selbstorganisation die strukturelle Grundlage und den Rahmen liefert, ermöglicht die Selbststeuerung dem Organismus, diese Muster aktiv zu beeinflussen und zu verändern.

Gregory Bateson ergänzte diese Sichtweise um die Dimension des sozialen Verhaltens. Er stellte fest, dass diese Fähigkeiten tiefgreifende Auswirkungen auf die Kommunikation innerhalb von Systemen haben. Bateson betonte die Bedeutung von Kontext und Beziehung: Verhalten kann nie isoliert betrachtet werden, da die Selbststeuerung eines →

Schwarmverhalten

VERHALTEN OHNE ZENTRALE STEUERUNG. Schwarmverhalten beschreibt die koordinierte Bewegung einer großen Anzahl von Individuen, wie Vögeln, Fischen oder Insekten. Dieses Gesamtverhalten passiert ohne zentrale Steuerungsinstanz. Es braucht keine zentrale Planung. Die lokale Interaktion zwischen ein paar wenigen Individuen beeinflusst den Gesamtschwarm – und der Gesamtschwarm beeinflusst das Verhalten der lokalen Individuen.

Mit anderen Worten: Der Schwarm hat zwar keine zentrale Steuerungseinheit, «weiß» im Verhalten aber mehr als jedes Individuum darin.

EIN RESULTAT DER EVOLUTION. Das Schwarmverhalten bietet für eine Population enorme Überlebensvorteile:

- Schutz vor Fressfeinden: Ein einzelner Fisch ist leichte Beute für einen Fressfeind. Im Schwarm ist das Individuum geschützt und ein Angreifer wird verwirrt, weil er vor lauter Schwarm den einzelnen Fisch nicht mehr sieht.
- Effizienz bei der Nahrungssuche: Viele Augen sehen mehr als zwei. Findet ein Individuum Futter, folgt der Rest der Gruppe.
- Energieersparnis: Vögel nutzen auf ihren weiten Flügen in die Sommer- oder Wintergebiete im Formationsflug den Windschatten oder die Aufwinde des vorderen Vogels.
- Informationsfluss: Ein Schwarm kann blitzschnell auf Gefahren reagieren. Er wirkt wie ein einziger Superorga-

nismus, in welchem sich zum Beispiel ein Richtungswechsel wellenartig ausbreitet. Die Reaktionszeit des gesamten Schwarmes ist schneller wie jene des einzelnen Individuums.

DIE REYNOLDS-REGELN. In den 1980er-Jahren zeigte der Informatiker Craig Reynolds, dass man komplexes Schwarmverhalten am Computer mit nur drei einfachen Regeln simulieren kann. Es genügt, wenn jedes einzelne Individuum die folgenden Regeln befolgt:

1. Separation (Abstand): Halte einen Mindestabstand zu deinen Nachbarn ein. So kannst du Kollisionen vermeiden.
2. Ausrichtung (Alignment): Bewege dich in die durchschnittlich gleiche Richtung wie deine Nachbarn.
3. Zusammenhalt (Kohäsion): Bewege dich in Richtung des Massenzentrums deiner Nachbarn, um in der Gruppe zu bleiben (vgl. Reynolds 1987).

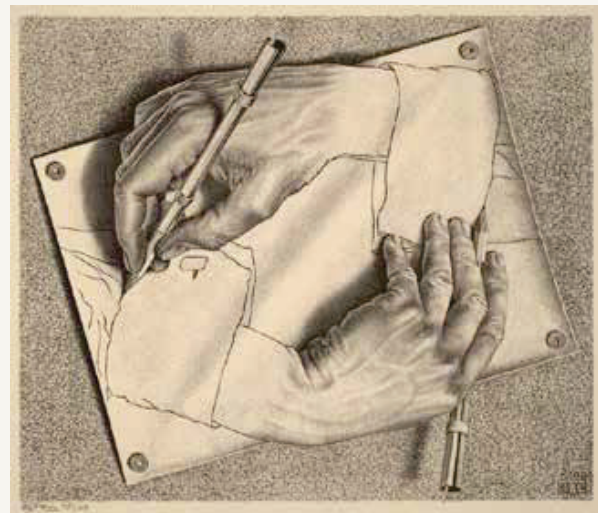
SCHWARMINTELLIGENZ BEIM MENSCHEN. Auch beim Menschen kann Schwarmverhalten beobachtet werden.

- Die Ola-Welle im Fußballstadion: Es können Ola-Wellen entstehen, die sich selbstgesteuert ohne Ansage über das ganze Fußballstadion verbreiten.
- Straßenverkehr: Bei Verkehrsstaus oder deren Auflösung können die Regeln des Schwarmverhaltens beobachtet werden.
- Crowdsourcing: Das Wissen einer Gruppe von Menschen kann unter bestimmten Voraussetzungen zu besseren Entscheidungen führen, wie jene einer einzelnen ExpertIn.

Zirkuläre Kausalität

Der Begriff zirkuläre Kausalität bezeichnet Prozesse, bei denen Ursachen und Wirkung in einer wechselseitigen Beziehung stehen, bei denen sich Ursache und Wirkung ständig beeinflussen. Die beiden chilenischen Forscher Humberto Maturana und Francisco Varela haben die zirkuläre Kausalität mit dem Satz «Jedes Tun ist erkennen – und jedes Erkennen ist tun» eindrücklich beschrieben. Das heißt: Wenn wir etwas tun, läuft dieses Tun nicht anhand eines vorbestimmten Plans ab. Das Tun gelingt, weil jede noch so kleine Handlung unmittelbar zur Wahrnehmung des Tuns führt und diese Wahrnehmung das Tun wiederum direkt beeinflusst und so weiter.

Abb. 3: Drawing Hands von M.C. Escher, In: Maturana; Varela 1987, S. 30



Individuums immer im Rückkoppelungsprozess mit seinem sozialen Umfeld steht. Der Humanontogenetiker Karl Friedrich Wessel beschreibt aufgrund dieser Erkenntnis den Menschen als «biopsychosoziale Einheit». Das heißt: Die Selbstorganisation wie auch die Selbststeuerung sind das Resultat der unteilbaren Verschränkung der biologischen, psychischen und sozialen Ebene des Menschseins.

BEEINFLUSSUNG DER INDIVIDUALENTWICKLUNG. Die wissenschaftlichen Arbeiten der Kybernetiker Gregory Bateson, Heinz von Foerster und der beiden chilenischen Biologen Humberto Maturana und Francisco Varela haben wesentliche Einblicke in Prozesse der Selbstorganisation und Selbststeuerung ermöglicht. Diese Konzepte sind heute weit über die Biologie hinaus von Bedeutung und prägen Disziplinen wie die Psychologie, die Humanontogenetik und die allgemeine Systemtheorie.

Das Fachgebiet der Kinästhetik befasst sich mit diesen inneren Prozessen aus einer phänomenologischen, also erfahrungsbezogenen Sicht. Die Hypothese: Wenn wir die erfahrbaren Aspekte der Selbstorganisation und Selbststeuerung auf der Erfahrungsebene verstehen, können wir unsere Individualentwicklung beeinflussen.

KINÄSTHETIK

WERTVOLLE PERSPEKTIVEN. Die Konzepte der Selbstorganisation und Selbststeuerung bieten wertvolle Perspektiven für das Verständnis der Komplexität des Lebens. Die Pionierarbeiten von von Foerster, Maturana, Varela und Bateson zeigen, dass diese Prozesse sowohl auf biologischer als auch auf sozialer und kommunikativer Ebene von entscheidender Bedeutung sind.

Selbstorganisierte und selbstgesteuerte Systeme sind dynamisch, flexibel und anpassungsfähig. In einer zunehmend vernetzten und unvorhersehbaren Welt ist die Erforschung dieser Konzepte daher unerlässlich – sei es für die Biologie, die Gestaltung sozialer Systeme oder die interdisziplinäre Forschung. Wahre Stabilität und Entwicklung entstehen nicht durch starre Kontrolle, sondern durch die intelligente Nutzung autonomer Regulationskräfte.

SELBSTSTEUERUNG BEEINFLUSSEN. Im Fachgebiet der Kinästhetik geht es darum, die erfahrbaren, allgemeingültigen Entwicklungsmuster des Menschen zu studieren, um auf Basis dieser Muster die individuelle Entwicklung des Menschen zu beeinflussen. In diesem Bestreben kommt man um die Begriffe der Selbstorganisation und der Selbststeuerung nicht herum. Der Mensch als biopsychosoziale Einheit kann lernen, die erfahrbaren Aspekte seiner Selbststeuerung proaktiv zu beeinflussen. Die folgenden Perspektiven, die das Fachgebiet der Kinästhetik heraus-

gearbeitet hat, helfen, die Selbststeuerungsprozesse zu beobachten, zu verstehen und letztlich zu beeinflussen:

- Tracking als Grundprinzip des Lebens:
 - Body-Tracking
 - (die Perspektiven der ersten vier Konzepte des Kinästhetik Konzeptsystems)
 - Pair-Tracking
- (Führen-Folgen-Prozesse zwischen zwei Menschen)
- Hierarchie der Kompetenzen
- Qualität der Bewegungskompetenz als Basis für alle Lebensprozesse der biopsychosozialen Einheit Mensch
- Autopoiesis und operative Geschlossenheit in Bezug auf die Information
- Bedeutung der Erfahrung von Bewegungskompetenz für die Individualentwicklung
- Bedeutung der Erfahrung von Wirksamkeit für die Individualentwicklung
- Bedeutung der Erfahrung von Autonomie für die Individualentwicklung
- Bedeutung der Qualität der alltäglichen Aktivitäten •



Maturana, Humberto R.; Varela, Francisco J. (1987): Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. München: Goldmann Verlag. ISBN 3-442-11460-8.

Nurse, Paul (2021): Was ist Leben? Die fünf Antworten der Biologie. Berlin: Aufbauverlag. ISBN 978-3-351-03888-5.

Reynolds, Craig (1987): Flocks, Herds, and Schools. A Distributed Behavioral Model. In: Computer Graphics. 4. Jahrgang. Heft 21. S. 25 – 34. <https://team.inria.fr/imagine/files/2014/10/flocks-hers-and-schools.pdf> (Zugriff: 25.4.2026).

Schrödinger, Erwin (1989): Was ist Leben.? Die lebende Zelle mit den Augen eines Physikers betrachtet. München: Piper Verlag. ISBN 978-3-492211345.



STEFAN KNOBEL ist von Beruf Krankenpfleger und Kinaesthetics-Ausbilder. Er leitet im Auftrag der European Kinaesthetics Association EKA und der *stiftung lebensqualität* das Wirkungsfeld Kinaesthetics-Projekte Neue Länder.



LQ



kinaesthetics – zirkuläres denken – lebensqualität

In der Zeitschrift LQ können die LeserInnen am Knowhow teilhaben, das Kinaesthetics-AnwenderInnen und Kinaesthetics-TrainerInnen in zahllosen Projekten und im Praxisalltag gesammelt haben. Ergebnisse aus der Forschung und Entwicklung werden hier in verständlicher Art und Weise zugänglich gemacht. Es wird zusammengeführt. Es wird auseinander dividiert. Unterschiede werden deutlich gemacht. Neu entdeckte Sachverhalte werden dargestellt und beleuchtet. Fragen werden gestellt. Geschichten werden erzählt.

Die LQ leistet einen Beitrag zum gemeinsamen analogen und digitalen Lernen.

Bestellen Sie die Zeitschrift LQ unter www.verlag-lq.net oder per Post

verlag lebensqualität
nordring 20
ch-8854 siebnen

verlag@pro-lq.net
www.verlag-lq.net
+41 55 450 25 10



Print-Ausgaben plus Zugang zur Online-Plattform



Bestellung Abonnement LQ – kinaesthetics – zirkuläres denken – lebensqualität

Ich schenke lebensqualität

- mir selbst
- einer anderen Person

Meine Adresse:

Vorname _____

Name _____

Firma _____

Adresse _____

PLZ _____ Ort _____

Land _____

eMail _____

Geschenkabonnement für:

Vorname _____

Name _____

Firma _____

Adresse _____

PLZ _____ Ort _____

Land _____

eMail _____