

Wie können Netzwerke die Entwicklung und Professionalisierung einer innovativen frühen MINT-Bildung in einer sich wandelnden Welt fördern?

Lundell, J. (1); Borde, B. (2); Filtzinger, B. (2); Hansen, H. (3); Henke, N. (4); Oberthür, J. (4); O'Donnell, C. (5); Pahnke, J. (4); Pasquinelli, E. (6); Sadadou, D. (7); Vogel, A. C. (4)

(1) LUMA Centre Finland, Universität Jyväskylä, Finnland (2) Siemens Stiftung, Deutschland, (3) International Alumni Center (iac) Berlin, Deutschland, (4) Stiftung Kinder forschen, Deutschland, (5) Smithsonian Science Education Center, USA, (6) Fondation La main à la pâte, Frankreich, (7) Office for Climate Education (OCE), Frankreich

Zusammenfassung: Die Welt wird immer komplexer und der Umgang mit ihr erfordert, neben anderen Kompetenzen, MINT¹-Wissen und -Fähigkeiten von Lernenden und der Gesellschaft gleichermaßen. Ein intensives Engagement für eine qualitativ hochwertige frühe MINT-Bildung ist vor diesem Hintergrund unerlässlich. Diese Publikation legt dar, wie Netzwerke von Akteuren, die sich zur Bewältigung komplexer sozialer oder ökologischer Probleme formiert haben, die Entwicklung und Professionalisierung der frühkindlichen MINT-Bildung vorantreiben können. Dieses Lernpapier soll Institutionen, die sich mit der Entwicklung des MINT-Bildungsfelds in diesem Bereich beschäftigen, dabei unterstützen, die Wirkungen ihrer Arbeit für eine bessere und leicht zugängliche Bildung weltweit zu erhöhen. Nach einer Analyse der angestrebten Wirkungen der frühen MINT-Bildung im aktuellen Kontext stellt das Papier verschiedene Netzwerktypen vor und untersucht anschließend die Netzwerkansätze von Bildungsorganisationen und ihren Partnern in unterschiedlichen Ländern. Die verschiedenen Funktionen und Erfolgsfaktoren von Netzwerken werden anhand der Netzwerke der sechs Organisationen der Autoren in ihren jeweiligen Fokusregionen betrachtet. Diese Netzwerke werden im Hinblick auf Chancen und der auftretenden Herausforderungen analysiert. Die Publikation beschreibt den Einfluss von Netzwerken auf die Verbesserung der MINT-Bildung in einer sich wandelnden Welt und verdeutlicht damit die Bedeutung von Kooperationen in Netzwerken sowie das Potenzial dieser Netzwerke als „Akteure des Wandels“ (Agents of Change).

Keywords: MINT-Bildung, Wirkungsnetzwerk, Ko-Kreation, Zusammenarbeit, IDoS

Kontakt: forschung@stiftung-kinder-forschen.de

Dies ist eine Übersetzung der englischsprachigen Publikation „How can networks help encourage the development and professionalisation of innovative early STEM Education in a changing world?“, erschienen im Juni 2023 im [Journal von LUMAT-B](#).

¹ Die Abkürzung „MINT“ steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Wir definieren MINT-Bildung als eine Bildung, die Konzepte und Methoden aus Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik auf eine integrierte Art und Weise kombiniert, die die Wissenschaftsdisziplin transformiert.

Übersicht

In dieser Publikation stellen sechs als „IDoS-Peers“ bekannte Mitglieder die Ergebnisse des „International Dialogue on STEM Education²“ (IDoS) aus den Jahren 2022/2023 vor. IDoS-Peers sind führende Organisationen im Bildungsfeld, deren Schwerpunkt auf der frühen MINT-Bildung liegt und die sich als Impulsgebende in diesem Bereich engagieren, indem sie qualitativ hochwertige frühe MINT-Bildung in ihren jeweiligen Ländern oder Regionen weltweit fördern und professionalisieren (siehe Tabelle 1). Initiiert von der Stiftung Kinder forschen (ehemals Stiftung „Haus der kleinen Forscher“) und der Siemens Stiftung treffen sich die IDoS-Peer-Organisationen mehrmals jährlich in virtuellen Meetings oder in Präsenz und diskutieren strategisch wichtige Themen für ihr Engagement im Bereich der Förderung der frühen MINT-Bildung.

Diese Publikation legt dar, wie Wirkungsnetzwerke (impact networks), die sich gebildet haben, um komplexe soziale oder ökologische Probleme zu adressieren, die Entwicklung und Professionalisierung innovativer früher MINT-Bildung in einer sich verändernden Welt fördern können - einer Welt, die sich beispielsweise auf nachhaltige Entwicklung, Digitalisierung und veränderte Arbeitsumgebungen konzentriert. Sie soll Institutionen unterstützen, die sich als „Feldentwickler“ im Bildungsbereich engagieren, um die Wirkung ihrer Arbeit im Hinblick auf eine bessere und leichter zugängliche Bildung zu optimieren.

Nach einer Bestandsaufnahme des aktuellen Bedarfs an MINT-Bildungsinitiativen und einer Überprüfung der angestrebten Wirkungen, für die sich Organisationen im Bereich der frühen MINT-Bildung und ihre Partner in mehreren Ländern engagieren, stellt das Papier eine Reihe von Netzwerktypen und deren Funktionsweisen vor (Teil I). Im Anschluss daran werden die verschiedenen Funktionen und Erfolgsfaktoren von Netzwerken anhand von Beispielen aus den Netzwerken der IDoS-Peers in ihren jeweiligen Fokusregionen reflektiert und diese Netzwerke hinsichtlich der sich daraus ergebenden Chancen und Herausforderungen analysiert (Teil II). Die Publikation beschreibt den Einfluss von Netzwerken auf die Verbesserung der MINT-Bildung in einer sich wandelnden Welt und verdeutlicht die Relevanz von Netzwerkkoperationen und das Potenzial von sog. Wirkungsnetzwerken als Akteure des Wandels (Agents of Change) (Teil III).

² = Internationaler Dialog über MINT-Bildung

Diese Publikation gibt den aktuellen Stand der Überlegungen und Diskussionen der beteiligten internationalen Expert:innen zu diesem Thema wieder. Da der Dialog mit Expert:innen aus Wissenschaft und Praxis fortlaufend ist, kann es in der Zukunft zu Anpassungen des Papiers kommen.

Tabelle 1. Liste der IDoS-Peer-Organisationen

Name der Peer-Organisation	Art der Organisation	Gründungsjahr	Hauptsitz (Land)	Hauptsächliche Wirkungsregion / Aktivität	Art der Hauptfinanzierung
Stiftung Kinder forschen	Gemeinnützige Stiftung	2006	Berlin, Deutschland	Deutschland	Öffentlich und privat finanziert
Siemens Stiftung	Gemeinnützige Stiftung	2008	München, Deutschland	Deutschland, Lateinamerika, Afrika	Stiftungsvermögen
Smithsonian Science Education Center	Gemeinnützig (mit quasi-staatlichem Status in den USA)	1985	Washington, DC (USA)	Global	Schenkungen und Zuschüsse (öffentlich und privat)
Luma Centre Finland	Gemeinnütziges Hochschulnetzwerk	2013	Helsinki, Finnland	Finnland	Aus öffentlichen Mitteln finanziert
Fondation La Main à la Pate	Gemeinnützige Stiftung	2011	Paris, Frankreich	Frankreich	Öffentlich und privat finanziert
Office for Climate Education	Gemeinnützige Stiftung	2018	Paris, Frankreich	Frankreich, Lateinamerika, Südostasien, Afrika	Öffentlich und privat finanziert

Teil I: Wirkungsnetzwerke: Warum und wie Netzwerke den Wandel in der frühen MINT-Bildung unterstützen

Die frühe MINT-Bildung hat in den letzten Jahren in vielen Ländern auf der ganzen Welt an Bedeutung gewonnen, was sich auch in der steigenden Zahl der Veröffentlichungen in diesem Bereich widerspiegelt (Li, Wang, Xiao & Froyd, 2020). Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen wie auch die Privatwirtschaft, die auf leistungsstarke Arbeitskräfte angewiesen ist, erkennen zunehmend die Notwendigkeit einer qualitativ hochwertigen Bildung in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) von Kindesbeinen an (Freeman, Marginson & Tyler, 2019; Li et al. 2020). Die Autoren dieser Publikation teilen diese Ansicht.

In einer Zeit internationaler Krisen, etwa der Klimakrise, der Corona-Pandemie, der sich abzeichnenden wirtschaftlichen Rezession und des zunehmenden Fachkräftemangels, wird die Notwendigkeit, Schüler:innen für die Bewältigung dieser Herausforderungen zu rüsten, immer dringlicher (Gibson, Short & O'Donnell, 2023). Eine gute frühe MINT-Bildung ist der Schlüssel, damit Kinder von klein auf die erforderlichen Kompetenzen erwerben, die in dieser sich wandelnden Umwelt benötigt werden.

„MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung“, ein Begriff, der von einigen der Autor:innen in einer früheren [Publikation](#) geprägt wurde, zielt darauf ab, Wissen und Kompetenzen für ein sinnvolles Handeln in der Welt, sowohl lokal als auch global, zu fördern. Sie plädieren 2019 darin für einen integrierten Ansatz zur MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung („STEM4SD Education“):

„MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung“ fördert Kinder und Jugendliche darin, ihre MINT-Kompetenzen und den Prozess der wissenschaftlichen Arbeit als wichtige Grundlage für vernünftiges Handeln in unserer Welt zu nutzen. Wissen, Kompetenzen und Verständnis für naturwissenschaftliche, technologische, ingenieurwissenschaftliche und mathematische Phänomene sind unabdingbar, um Schüler:innen zu helfen, globale Probleme zu verstehen und Maßnahmen in der Gesellschaft zu unterstützen, die diese Herausforderungen sinnvoll und wissenschaftsbasiert angehen“ (Pahnke, O'Donnell & Bascopé, 2019³).

Eine qualitativ hochwertige frühe MINT-Bildung ist jedoch mit vielen Herausforderungen verbunden. Die finanziellen Mittel und die Möglichkeiten, weit verbreitet Fortbildungsprogramme anzubieten, sind begrenzt. Einzelne, auf sich allein gestellte Akteure haben oft nicht die nötige Größe, die personellen und finanziellen Ressourcen, den erforderlichen Umfang/Skalierung und die Zeit, um Wirkungen zu erzielen. Um diese Herausforderungen zu bewältigen und eine qualitativ hochwertige frühe MINT-Bildung in einer sich wandelnden Welt zu

³Die [Publikation](#) „MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung“ wurde im Rahmen der [IDoS-Konferenz 2019](#) verfasst und analysiert kritisch, wie ein integrierter und transdisziplinärer Fokus auf forschungsbasierte MINT-Bildung dazu beitragen kann, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern und Kapazitäten in Hinblick auf zukünftige Generationen aufzubauen. Die internationale Publikation vertritt die Idee eines transdisziplinären Bildungsrahmens, der den komplexen Kontext globaler Herausforderungen und die Notwendigkeit der Integration von Werten, Ethik und Weltanschauungen zur Entwicklung einer nachhaltigen Denkweise und des Einsatzes der Wissenschaft für das Gemeinwohl berücksichtigt. Die Inhalte dieser Publikation wurden unter anderem von verschiedenen Expert:innen, die an der IDoS 2019 Konferenz teilnahmen, befürwortet und verabschiedet. Sie ist ein Beispiel für ein gemeinsames Ergebnis von Autor:innen aus verschiedenen Netzwerken, die zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels eng zusammenarbeiten.

fördern, ist die internationale Zusammenarbeit zwischen führenden Organisationen der frühen MINT-Bildung umso wichtiger, da diese in der Lage sind, dauerhafte Synergien unter ihren Mitgliedern zu schaffen.

Das IDoS-Peer-Netzwerk wurde 2020 mit dem Ziel gegründet, einen globalen Peer-Dialog führender Akteure im Bereich der MINT-Bildung zu etablieren, der eine qualitativ hochwertige frühe MINT-Bildung fördert und das Bewusstsein für diesen bedeutsamen Bildungssektor weltweit stärkt. Vor seiner Gründung fanden 2017 und 2019 zwei sehr erfolgreiche internationale IDoS-Konferenzen in Berlin statt. Hier tauschten über 100 Expert:innen aus aller Welt ihr Wissen und Praxisbeispiele aus und diskutierten die Herausforderungen der frühen MINT-Bildung. Die Konferenz löste eine starke Nachfrage nach einer Plattform für einen regelmäßigen Austausch aus. Die beiden IDoS-Initiatoren, die Stiftung Kinder forschen und die Siemens Stiftung, haben daraufhin beschlossen, einen internationalen Peer-Dialog zwischen führenden MINT-Bildungsakteuren (den „IDoS-Peers“) einzurichten. Deren primärer Arbeitsschwerpunkt ist die frühe MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung, aber die Themen können flexibel auf andere Bereiche ausgeweitet werden, wie zum Beispiel die frühe MINT-Bildung im digitalen Zeitalter.

Die IDoS-Peers sind der Überzeugung, dass den oben skizzierten globalen Entwicklungen und den daraus resultierenden Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Bildung am besten durch internationale Zusammenarbeit zu begegnen ist. Sie setzen auf einen systematischen und regelmäßigen Austausch, der globales Wissen über MINT-Bildung mit lokalen Erfahrungen verbindet und von dem die beteiligten Organisationen nachhaltig profitieren können. Die Zusammenarbeit mit führenden Einrichtungen auf der ganzen Welt ermöglicht es den Beteiligten, die Effizienz und Effektivität ihrer Arbeit zu steigern und sie kontextspezifisch, wissensbasiert und praxisorientiert zu gestalten.

Die an dieser Publikation beteiligten Organisationen verfügen über jahrelange Arbeitserfahrung im Bereich der frühen MINT-Bildung und sehen sich alle mit der zunehmenden Komplexität der MINT-Bildung konfrontiert. Die MINT-Fächer sind nicht nur durch die Entwicklung der „Sustainable Development Goals“ (SDG, Ziele für nachhaltige Entwicklung) stärker miteinander verflochten, sondern auch das Umfeld, in dem sie gelehrt werden, verändert sich durch den zunehmenden Einsatz digitaler Werkzeuge wie Open Educational Resources (OER), Blended-, Hybrid- oder E-Learning (also eine MINT-Bildung in einer zunehmend digitalisierten Welt). Organisationen, die sich auf die Fortbildung von Fach- und Lehrkräften und die

Bereitstellung pädagogischer Materialien spezialisiert haben, müssen sich an diese neuen Umgebungen anpassen können. Aus diesem Grund haben die beteiligten Organisationen viel in den Aufbau und die Pflege effektiver Netzwerkkoperationen mit globalen und lokalen Partnern investiert und mit IDoS ein Netzwerk aus Netzwerken gegründet, die im Bereich der frühen MINT-Bildung tätig sind.

Durch die vorliegende Publikation möchten die IDoS-Peers Erfahrungen mit anderen Organisationen aus dem Bereich der frühen MINT-Bildung austauschen und gemeinsam über die folgenden Punkte reflektieren:

- die strategische Rolle von Netzwerken;
- die potenziellen Wirkungen, die Netzwerke auf lokale und globale Initiativen und auf die Professionalisierung im sich wandelnden Bereich der MINT-Bildung haben (und die Notwendigkeit, diese Wirkungen zu messen); und
- die Erfolgsfaktoren und die Hindernisse, denen Initiativen beim Aufbau und der Pflege von Netzwerken begegnen können.

Die IDoS-Peers sind der Überzeugung, dass sie dadurch andere Netzwerkinitiativen im Bereich der frühen MINT-Bildung (z. B. MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung und MINT-Bildung im digitalen Zeitalter) inspirieren und fördern können.

I.1 Welche Wirkungen wollen die Peer-Organisationen und ihre Partner im Bereich der frühen MINT-Bildung erzielen?

Die IDoS-Peers verbindet ein gemeinsames Ziel: das Wissen und das Verständnis von Kindern und Jugendlichen für die Zukunft zu stärken und deren Fähigkeiten und Kompetenzen zu fördern, die erforderlich sind, um in einer Welt mit drängenden globalen Problemen, Herausforderungen und Chancen zu leben und innovativ zu sein. Durch ihre verschiedenen Initiativen unterstützen die Mitglieder eine hochwertige Bildung, die die Entwicklung von Kompetenzen wie *Kommunikationsfähigkeit, Kreativität, kritisches Denken und Kollaboration* fördert (Fadel, Bialik & Trilling, 2017).

Qualitativ hochwertige frühe MINT-Bildung regt Kinder dazu an, Fragen zu stellen. Sie unterstützt außerdem dabei, sich das Wissen und die Methoden anzueignen, die nötig sind, um diese Fragen zu beantworten und eine forschende Haltung beim Lernen zu entwickeln. Eine gute frühe MINT-Bildung fördert nicht nur die Kompetenzen der Kinder in den Bereichen Mathematik, Informatik,

Naturwissenschaften und Technik, sie kann die Kinder auch darauf vorbereiten, sich in einer komplexen und sich ständig verändernden Welt zurechtzufinden. MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung fördert das, was das Smithsonian Science Education Center als nachhaltige Denkweisen („sustainability mindsets“) bezeichnet (Gibson, 2021), d. h. Aufgeschlossenheit und Reflexion, Gleichwertigkeit und Gerechtigkeit, lokale und globale Verbindung sowie befähigende Stärkung (Empowerment) und Handlungsfähigkeit (Agency). Frühe MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung fördert die Kompetenzen und Einstellungen von Kindern, die sie benötigen, um sich langfristig mit globalen Themen auseinanderzusetzen. Sie befähigt die nächste Generation von Entscheidungsträger:innen, fundierte Maßnahmen in Bezug auf die komplexen sozialen und naturwissenschaftlichen Probleme zu ergreifen, mit denen die Menschheit konfrontiert ist, sie hilft Kindern, in ihrer lokalen Gemeinschaft zu Akteuren des Wandels zu werden und schafft die Bereitschaft zum Handeln, die notwendig ist, um die komplexen Probleme unseres Planeten zu lösen (O'Donnell, 2018). Kinder sind schon von klein auf in der Lage, wissenschaftliche und digitale Kompetenzen sowie eine nachhaltige Denkweise zu entwickeln. Durch die Förderung dieser Kompetenzen und des nachhaltigen Denkens kann jeder Einzelne durch sein zukünftiges Handeln einen Beitrag zu einer besseren Gesellschaft leisten. Die frühe MINT-Bildung gilt daher weithin als entscheidendes Element, um das Wissenschaftskapital eines Landes zu stärken und das Wirtschaftswachstum voranzutreiben.

Frühe Bildung führt nachweislich zu den stärksten wirtschaftlichen Ergebnissen und hat daher die größte Wirkung (OECD, 2020). Kinder, die sich für MINT-Fächer interessieren, werden mit größerer Wahrscheinlichkeit in Berufen arbeiten, in denen diese Kompetenzen gefragt sind. Davon profitiert der Markt, und dem Mangel an MINT-Kompetenzen, mit dem Länder weltweit seit Jahren zu kämpfen haben, würde entgegengewirkt werden.

Um sicherzustellen, dass Kinder eine qualitativ hochwertige Bildung erhalten, konzentrieren sich die IDoS-Peers und ihre jeweiligen nationalen und internationalen Netzwerke darauf, pädagogischen Fach-, Lehr- und Führungskräften die erforderliche Weiterbildung zukommen zu lassen, damit sie Kinder und Jugendliche beim täglichen Entdecken und Verstehen der Welt unterstützen können. Ihre Initiativen bieten Programme zur kontinuierlichen professionellen Weiterentwicklung mit Fortbildungen vor Ort und Online-Kursen, Fachveranstaltungen und Symposien u.a.m. Außerdem stellen sie Lernmaterialien

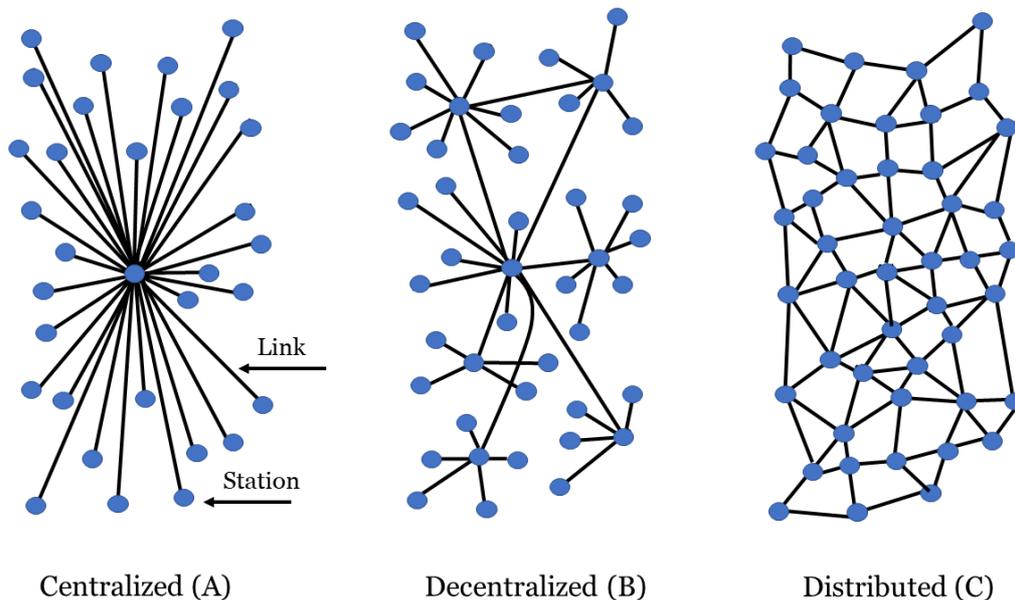
zur Verfügung, die Lehrkräften und Erzieher:innen die notwendigen Kompetenzen und Werkzeuge an die Hand geben, um in einer sich wandelnden Welt ein ansprechendes Lernumfeld für Schüler:innen zu schaffen.

I.2 Welches Potenzial haben Netzwerke, um die angestrebten Wirkungen zu erzielen?

Die IDoS-Peers haben zur Erreichung ihrer Ziele weitreichende Wirkungsnetzwerke initiiert, die sie bei ihren Missionen unterstützen. **Wirkungsnetzwerke** (impact networks) stellen ein Geflecht von Beziehungen dar, die verbunden sind, um beispielsweise soziale, bildungspolitische oder ökologische Probleme zu bewältigen (Ehrlichman, 2021; Vandor, Leitner, Millner & Hansen, 2019). Diese Netzwerke führen die Akteure zusammen, um zu lernen und koordinierte Aktionen auf Basis eines gemeinsamen Ziels durchzuführen. Doch was ist ein Netzwerk?

Ein Netzwerk ist im allgemeinen Sinne eine „Reihe von Verknüpfungen, die (einzelne) Elemente miteinander verbinden“ (Levine, 2015). Der Begriff stammt vermutlich aus der Sprache der Metallurgie und der Textilien und „impliziert verwobene Stränge, die sich in mehrere Richtungen bewegen und nicht auf ein einziges Ziel ausgerichtet sind“ (Slaughter, 2017). Alle Netzwerke haben eine Form und eine Struktur und können durch ihren Grad und ihre Dichte an Verbindungen sowie durch ihre Zentralität definiert werden (siehe Abbildung 1). Sie können also in Bezug darauf beschrieben werden, wer mit wem verbunden ist, wie eng die Verbindungen untereinander sind und wie wichtig und zentral bestimmte Knotenpunkte in einem Netzwerk im Vergleich zu anderen sind.

Abbildung 1. (A) zentralisierte, (B) dezentralisierte und (C) verteilte Strukturen (in Anlehnung an Baran, 1964, S. 1)



Soziale Netzwerke (im soziologischen Sinne) verbinden Einzelpersonen oder Organisationen miteinander und können kollektives Handeln erleichtern. Organisationsübergreifende Netzwerke, wie die Netzwerke der IDoS-Peers, sind in der Tat oft ein bewusstes Mittel, um dies zu erreichen. Als dezentralere Struktur unterscheiden sie sich von Märkten und Hierarchien (Powell, 1990). Sie versprechen, widerstandsfähiger und besser in der Lage zu sein, Veränderungen herbeizuführen und auf sie zu reagieren (Ehrlichman, 2021).

Wie Netzwerke entstehen und wie sie funktionieren, ist unterschiedlich. Ehrlichman beschreibt drei definierende **Funktionen** (Aktionen oder Operationen) und damit Arten von Netzwerken: Learning Networks (Lernnetzwerke), Action Networks (Handlungsnetzwerke) und Movement Networks (Netzwerke im Sinne einer Sozialen Bewegung) (Ehrlichman, 2021). Slaughter betrachtet Netzwerke aus einem etwas anderen Blickwinkel und unterscheidet sie nach ihrem **Hauptzweck** (dem Grund für die Existenz des Netzwerks), nämlich: Resilience Networks (Resilienznetzwerke), Task Networks (Aufgabennetzwerke) und Scale Networks (Skalierungsnetzwerke) (Slaughter, 2017). Durch die Kombination dieser beiden Perspektiven ist es möglich, Netzwerke anhand von fünf Kernfunktionen und -zwecken zu kategorisieren: Verbesserung der dynamischen sozialen Widerstandsfähigkeit (Resilienz), Hochskalierung von Lösungen, gemeinsame

Durchführung von Aktionen/Aufgaben oder Herstellung von Produkten, Initiierung von Bewegung und Lernen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2. Netzwerktypen nach Slaughter (2017) und Ehrlichman (2021).

Funktion	Resilience Networks	Scale Networks	Action Networks /Task Networks	Movement Networks	Learning Networks
Zweck	Der Schwerpunkt liegt auf der Verbesserung der dynamischen sozialen Resilienz ; Aufbau von Stärke, Stabilität und Kapazität	Der Schwerpunkt liegt auf der Skalierung von vielversprechenden Lösungen (Hochskalierung von Lösungen)	Der Schwerpunkt liegt auf der Durchführung von Aufgaben und koordinierten Aktionen und Handlungen sowie der gemeinsamen Erstellung von Produkten	Der Schwerpunkt liegt auf der Ausrichtung von Netzwerken auf gemeinsame Ziele; Förderung von sozialen Bewegungen	Der Schwerpunkt liegt auf der Vernetzung und dem Lernen der Mitglieder

Die sechs IDoS-Organisationen, die an dieser Publikation mitgewirkt haben (siehe Tabelle 1), lassen sich alle mit diesen Netzwerktypen in Verbindung bringen, ohne notwendigerweise ausschließlich in eine Kategorie zu fallen, da sie sich oft überschneiden und die Merkmale der anderen Typen erfüllen. Dennoch sollen sie im Folgenden einem der fünf Typen zugeordnet und die Organisationen mit ihren Arbeitsschwerpunkten vorgestellt werden.

I.3 Was sind Beispiele für verschiedene Netzwerktypen von jedem IDoS-Peer?

Siemens Stiftung und die Initiativen der MINT*plus*-Territorien - „Resilience Networks“

Resilience Networks (Resilienznetzwerke) verfolgen das Ziel, Stärke, Stabilität und Kapazitäten in ihren Gemeinschaften aufzubauen und die sozialdynamische Resilienz zu verbessern (siehe Tabelle 2).

Als gemeinnützige, international tätige Stiftung engagiert sich die Siemens Stiftung für eine nachhaltige gesellschaftliche Entwicklung. Den Schwerpunkt legt die Stiftung auf die Themenfelder Gesicherte Grundversorgung, Vernetzte Gesellschaften und Klima & Nachhaltigkeit. Eine gute MINT-Bildung und das Verständnis von Kultur in all ihren Facetten ist dabei grundlegend. Die Projekte der Siemens Stiftung unterstützen daher Menschen dabei, Initiative zu ergreifen, um aktuellen Herausforderungen verantwortungsvoll zu begegnen. 2017 initiierte die Siemens Stiftung ein Netzwerk von sogenannten „MINT*plus*-Territorien“ in Lateinamerika. Das heißt, in einem definierten regionalen Umfeld arbeiten verschiedene Sektoren (Universitäten, Schulen, NGOs, Vereine, Unternehmen, Forschungseinrichtungen etc.) koordiniert an gemeinsam definierten Zielen und ausgewählten Inhalten (z.B. Klima, Digitalität, Gesundheit). In diesem „territorialen Ökosystem“ haben sie gemeinsam die Schlagkraft über MINT-Bildung zu einer Gesamtentwicklung der Region zu kommen. Den MINT-Fächern kommt dabei in dieser zunehmend technologiebestimmten Welt eine besondere Rolle zu. Es gilt junge Menschen in „Lernräumen“ möglichst früh und gezielt in die Grundlagen einzuführen. Dabei ist es wichtig, ihre Motivation und ihr Interesse zu wecken, sie über das eigene Handeln Wissenschaft erfahren zu lassen, sie zum kritischen Hinterfragen und zur Diskussion der Ergebnisse anzuregen. Die MINT-Fächer sind dabei in ihrer gesellschaftlichen Rolle zu sehen, die mit einer besonderen Verantwortung im Hinblick auf die Konsequenzen des Handelns verbunden ist. Und deshalb wurde mit „MINT*plus*“ ein umfassendes Konzept entwickelt, das sich nicht in den MINT-Fächern erschöpft, sondern Lernen und Lehren mit dem Blick auf zukünftige Anforderungen zu gestalten versucht. MINT*plus* braucht für die Umsetzung in „MINT Territorien“ eine kollektive Anstrengung verschiedener Akteure und Akteurinnen. (siehe Reiss & Filtzinger, 2023).

Durch die MINT*plus*-Territorien sollen lokale Bildungsnetzwerke gefördert und entwickelt werden, die ein Lernumfeld für die MINT-Bildung schaffen, in dem Schulen, Lehrkräfte, Lernende und Akteur:innen aus der Zivilgesellschaft, der Regierung und der Wirtschaft gemeinsam Instrumente entwickeln, um die Probleme der Gemeinschaft anzugehen und die Herausforderungen der Zukunft in ihrem eigenen spezifischen Kontext zu bewältigen. Der territoriale und kollektive Charakter dieses Netzwerkmodells erzeugt ein Gefüge aus geteilter Verantwortung und Engagement für die Gemeinschaft. Alle MINT*plus*-Territorien sind miteinander verbunden und bilden ein Netzwerk von international vernetzten lokalen Initiativen.

Die MINT*plus*-Territorien sind somit ein Beispiel für „Resilience Networks“ (siehe auch Chabay, 2022).

Stiftung Kinder forschen und ihr Netzwerkpartnersystem - „Scale Networks“

Die „Scale Networks“ (Skalierungsnetzwerke) konzentrieren sich darauf, vielversprechende Lösungen zu skalieren (siehe Tabelle 1).

Die gemeinnützige Stiftung Kinder forschen ist Deutschlands größte Initiative für frühe MINT-Bildung mit einem ergänzenden Schwerpunkt auf Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Sie hat zum Ziel, Kinder für die Zukunft zu stärken, ihnen die Aneignung wichtiger Kompetenzen zu ermöglichen und sie in die Lage zu versetzen, selbstbestimmt zu denken und nachhaltig zu handeln. Gemeinsam mit ihren Netzwerkpartnern vor Ort bietet die Stiftung ein bundesweites **Fort- und Weiterbildungsprogramm** an, das pädagogische Fach-, Lehr- und Leitungskräfte in Kitas, Horten und Grundschulen dabei unterstützt, Kinder im Alter von drei bis zehn Jahren qualifiziert beim Entdecken, Forschen und Lernen zu begleiten.

Durch das bundesweite Netzwerk der Stiftung wird ihr Bildungsprogramm (Präsenzfortbildungen, Online-Kurse und Bildungsveranstaltungen) in ganz Deutschland angeboten. So kann pädagogisches Personal aus Kitas, Horten und Grundschulen in möglichst vielen Regionen Deutschlands teilnehmen. Die Initiative ist stolz auf dieses System von Multiplikatoren (mehr als 200 Netzwerkpartner und über 500 pädagogische Trainer:innen und Prozessbegleitende), mit denen das Programm auf regionale und lokale Netzwerke und pädagogische Einrichtungen ausgeweitet wird.

Die Stiftung Kinder forschen und ihr Netzwerkpartnersystem in Deutschland ist somit ein Beispiel für ein Skalierungsnetzwerk. Weitere Beispiele für „Scale Networks“ in Finnland und Frankreich sind das LUMA Centre und die Fondation La main à la pâte (LAMAP).

LUMA Centre Finland und sein Universitätsnetzwerk - „Scale Networks“

Das LUMA Centre Finland ist ein wissenschaftliches Bildungsnetzwerk finnischer Universitäten. Das Ziel von LUMA besteht darin, Kinder und Jugendliche für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) zu begeistern und zu motivieren. Um dieses Ziel zu erreichen, werden neue Methoden und Aktivitäten für den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht auf Basis von Forschungsergebnissen entwickelt. Außerdem wird das lebenslange Lernen von Lehrkräften, die auf allen Bildungsebenen von der frühen Kindheit bis zu den Universitäten arbeiten, unterstützt und die Entwicklung eines forschungsbasierten Unterrichts gefördert.

Die Mission des LUMA Centre Finland ist es, Schüler:innen, Studierenden und Lehrkräften ein hohes Maß an wissenschaftlichem und technologischem Verständnis zu vermitteln, um qualifizierte Fachkräfte für den Arbeitsmarkt und für persönliches, wissensbasiertes zivilgesellschaftliches Engagement zu gewinnen. Das Netzwerk des LUMA Centre Finland umfasst 11 Forschungsuniversitäten mit 13 regionalen LUMA-Zentren. Jeder Knotenpunkt dient als Verbindung zur Entwicklung von forschungsbasierten MINT-Aktivitäten und -Aktionen, die vor Ort, an externen Standorten und online mit anderen Zentren ausgetauscht werden. An allen Entwicklungsprogrammen sind zudem Lehrkräfte und Erzieher:innen aus Schulen und akademischen Einrichtungen beteiligt. So können neue Ideen, Materialien, Praktiken und Unterstützung schnell und einheitlich diskutiert, kommuniziert und verbreitet werden. Das LUMA Centre Finland ist somit ein praktisches und effektives Beispiel für Skalierungsnetzwerke, in denen pädagogische Unterstützung und Entwicklungen lokal und persönlich auf ein ganzes nationales Bildungssystem verteilt werden.

Die Fondation *La main à la pâte* (LAMAP) und ihre „Häuser für die Wissenschaft“ - „Scale Networks“

Die Fondation *La main à la pâte* (LAMAP) bringt Lehrkräfte und Wissenschaftler:innen zusammen, um die Qualität des naturwissenschaftlichen

Unterrichts an Grundschulen und weiterführenden Schulen zu verbessern. Sie stellt Lehrkräften eine breite Palette von Unterrichtsmaterialien zur Verfügung, um einen lebendigen und inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern, gesellschaftliche Themen zu behandeln und wissenschaftliches und kritisches Denken bei allen Schülern zu entwickeln.

Um ihre Missionen umzusetzen, setzt *La main à la pâte* auf drei verschiedene nationale Netzwerke, die im Laufe ihrer 25-jährigen Geschichte zu unterschiedlichen Zeiten entstanden sind. Jedes Netzwerk hat eine andere Aufgabe: Unterstützung der Lehrkräfte bei der Fortbildung, Beratung und Unterstützung, Vorschläge für Aktivitäten und Bereitstellung von Ressourcen für den Unterricht, Vernetzung der Akteure im Bildungsbereich untereinander und mit der Wissenschaft. Alle Netzwerke weisen die Besonderheit auf, lokal tätig zu sein. Dadurch werden Lehrkräfte auf regionaler Ebene unterstützt, es können spezifische Bedürfnisse identifiziert und abgedeckt werden, und die Lehrkräfte und ihre Schüler:innen werden mit der lokalen Gemeinschaft von MINT-Einrichtungen wie Universitäten, Forschungslaboren und Museen verbunden.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen unter diesen Netzwerken die „Häuser für die Wissenschaft“ (Maisons pour la Science, MPLS). Die MPLS sind ein groß angelegtes nationales Netzwerk, das speziell auf die Fortbildung von Lehrkräften in den Bereichen Naturwissenschaften, Technik und Informatik ausgelegt ist. Jedes Haus wird von einer Universität unterhalten. Ziel der Einrichtung des MPLS-Netzwerks war es, die lokale Ausbildung von Lehrkräften (auf regionaler Ebene) zu strukturieren und Ressourcen für die Entwicklung von Online-Fernunterricht freizusetzen. Auf diese Weise hat LAMAP sein globales Angebot diversifiziert, um den lokalen Bedürfnissen gerecht zu werden und eine bessere Skalierbarkeit bei der Bereitstellung zu gewährleisten. Da jedes Haus seine Räumlichkeiten auf dem Universitätscampus hat, haben die Häuser auch die Interaktion zwischen der MINT-Fachwelt vor Ort und der regionalen Bildungslandschaft erleichtert.

Office for Climate Education (OCE) und sein ALEC-Netzwerk - „Scale and Action Networks“

„Action Networks“ (Aktionsnetzwerke) oder „Task Networks“ (Aufgabennetzwerke) legen den Schwerpunkt auf die Durchführung von Aufgaben und koordinierten Aktionen sowie die Erzeugung von Produkten (siehe Tabelle 2).

Das Office for Climate Education (OCE) fördert die Aufklärung über den Klimawandel in Grundschulen und weiterführenden Schulen weltweit, um die Agenda für nachhaltige Entwicklung 2030 und insbesondere die Ziele für nachhaltige Entwicklung 4 (hochwertige Bildung) und 13 (Klimaschutz) zu fördern (Generalversammlung der Vereinten Nationen, 2015).

Das ALEC-Netzwerk (America Latina para la Educación Climática / Lateinamerika für Klimabildung) des OCE wurde 2019 ins Leben gerufen, um die Umsetzung eines regionalen Bildungsprojekts zum Thema Klimawandel in Lateinamerika zu unterstützen. Dieses Multi-Stakeholder-Netzwerk vereint eine Vielzahl von lokalen Akteuren in Mexiko, Kolumbien und Chile, darunter nationale Wissenschaftsakademien, lokale Regierungen und NGOs.

Die Organisation und Pflege des Netzwerks dienen zwei gemeinsamen Zielen. Zum einen soll sichergestellt werden, dass das Projektergebnis das tatsächliche Ergebnis der kombinierten Expertise aller Netzwerkmitglieder ist. Gemeinsam haben die Akteure des Netzwerks die Aufgabe, die pädagogischen Ressourcen des OCE an ihren lokalen Kontext anzupassen und eine Reihe von Workshops zur Fortbildung für Trainer:innen von Lehrkräften, für Lehrkräfte selbst und für politische Entscheidungsträger:innen in ihren Regionen anzubieten. Zum anderen soll der regionale Aspekt des Projekts gewährleistet werden, indem ein Umfeld geschaffen wird, innerhalb dessen mexikanische, kolumbianische und andere lateinamerikanische Partner zusammenarbeiten und voneinander lernen können.

Durch diesen zweigleisigen Ansatz kann sich das Netzwerk auf die Koordination und Durchführung von Maßnahmen auf lokaler Ebene konzentrieren und zugleich eine Struktur zur Identifizierung und Ausweitung der erfolgreichen Maßnahmen auf regionaler Ebene schaffen.

Smithsonian Science Education Center (SSEC) / LASER-Netzwerk - „Movement Networks“

„Movement Networks“ (Bewegungsnetzwerke) konzentrieren sich auf die Ausrichtung von Netzwerken auf gemeinsame Ziele, um Bewegung zu erzeugen (siehe Tabelle 2).

Das Smithsonian Science Education Center (SSEC) ist eine Einrichtung der Smithsonian Institution, die in Zusammenarbeit mit Partnern und Gemeinden vor Ort („Communities“) auf der ganzen Welt die „K-12“-Bildung durch Wissenschaft verändern will. „K-12“ wird hier als Primar- und Sekundarschulbildung vom

Kindergarten bis zur zwölften Klasse für Schüler:innen zwischen 5 und 18 Jahren definiert.

Das SSEC verfolgt drei Ziele: Innovation (Förderung von authentischem, forschungsbasiertem MINT-Unterricht und -Lernen durch praktische und digitale Erfahrungen), Inklusion (Gewährleistung von Vielfalt, Gerechtigkeit, Zugänglichkeit und Einbeziehung in die MINT-Bildung) und Nachhaltigkeit (Förderung der MINT-Bildung für eine nachhaltige Entwicklung). Sie wollen mit einem transdisziplinären Ansatz dazu beitragen, dass die Schüler:innen die drängendsten Herausforderungen und Chancen der Welt entdecken, verstehen und darauf reagieren. Gleichzeitig sollen sie sich aber auch intensiver mit MINT-Themen auseinandersetzen, um nicht nur eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu entwickeln, sondern auch ein nachhaltiges Denken, um sich auf eine Welt des Wandels und der Veränderung vorzubereiten (O'Donnell & Day, 2022).

Mit dem SSEC-Modell Leadership and Assistance for Science Education Reform (LASER) stellt das SSEC die Infrastruktur für die Transformation der K-12 MINT-Bildung durch 5 Säulen für erfolgreiche Reformen zur Verfügung: forschungsbasierte und forschungsorientierte Bildungspläne; Fortbildungen, Unterstützung durch Materialien, administrative und kommunale Unterstützung und eine einheitliche Bewertung. Das Ziel von LASER besteht darin, Netzwerke bestehend aus Schulen, Schulbezirken, staatlichen Bildungsbehörden, Bildungsministerien und Bildungsorganisationen auf der ganzen Welt zusammenzubringen, um sich gemeinsam für systemische Reformen mit einem gemeinsamen Ziel einzusetzen. Auf Basis von Forschungsergebnissen und bewährten Praktiken bietet LASER Bildungsnetzwerken die Möglichkeit, ein konkretes Problem aus der Praxis in Angriff zu nehmen (z. B. die Förderung eines forschungsbasierten naturwissenschaftlichen Unterrichts oder einer MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung; die Gewährleistung von Vielfalt, Gerechtigkeit, Zugänglichkeit und Inklusion in der MINT-Bildung; die Vorbereitung von Schüler:innen auf eine Welt der Innovation und der digitalen Transformation). Jedes regionale Netzwerk oder „LASER-Hub“ arbeitet einen eigenen strategischen Plan für die Reform der MINT-Bildung in der jeweiligen Region aus, der ein bestimmtes Ziel verfolgt (z. B. die Ausweitung eines entdeckend-forschenden naturwissenschaftlichen Unterrichts, die Diversifizierung des MINT-Lehrpersonals, die Beseitigung von Barrieren in der MINT-Bildung für Schüler mit Behinderungen) und bei der Umsetzung durch das SSEC unterstützt wird. Das SSEC analysiert die

kollektive Wirkung mittels Forschungsstipendien in Zusammenarbeit mit Hochschulpartnern und internationalen Organisationen (O'Donnell, D'Amico, Zoblotsky & Alberg, 2017).

Das IDoS-Peer-Netzwerk: Ein Netzwerk aus Netzwerken - „Learning Networks“

Alle oben vorgestellten Netzwerke tragen beispielhaft zur Erreichung des gemeinsamen Ziels bei, die MINT-Bildung für Kinder, Jugendliche und Gemeinschaften vor Ort zu verbessern, indem sie pädagogisches Personal professionalisieren und mit Multiplikatoren in diesem Bereich zusammenarbeiten, wichtige Akteure miteinander vernetzen und ihre Bildungsprogramme koordiniert verbreiten. Die Organisationen können diese Aufgaben nicht allein bewältigen und erst ihre Netzwerke ermöglichen kollektives Handeln, das nachhaltige Wirkungen erzeugt.

Das IDoS-Peer-Netzwerk – ein „Netzwerk aus Netzwerken“ – nutzt die von seinen Mitgliedsorganisationen und ihren jeweiligen Netzwerken erzielte Wirkung. Da der Fokus des Netzwerks darauf liegt, die Mitglieder miteinander zu verbinden und ihnen die Möglichkeit zu geben, voneinander zu lernen und ihre Erfahrungen auszutauschen, kann das IDoS-Dialognetzwerk in Anlehnung an die Definition der Netzwerktypen von Slaughter (2017) und Ehrlichman (2021) als „Learning Network“ bezeichnet werden (siehe Tabelle 2).

Durch die Bündelung des Wissens, der Expertise und der Reichweite von MINT-Initiativen aus verschiedenen Ländern wird das Thema MINT-Bildung international stärker in den Vordergrund gerückt (unabhängig davon, ob es sich um MINT-Bildung für nachhaltige Entwicklung, MINT-Bildung im digitalen Zeitalter oder andere Herausforderungen handelt, für die MINT-Bildung ein Teil der Lösung sein kann). Ein Austausch trägt außerdem dazu bei, Themen zu identifizieren, die in dem jeweiligen Bereich von Bedeutung und dringlich sind, sowie Erfahrungen und Strategien zu teilen, um die Wirkungen der jeweiligen Initiativen zu verbessern. Auf diese Weise können lokale Aktivitäten vom globalen Austausch und Lernen profitieren. Diese Publikation ist ein Beispiel für einen Bereich (Wie können Netzwerke innovative MINT-Bildung in einer sich verändernden Welt fördern?), der als wichtig für MINT-Bildungsinitiativen auf der ganzen Welt identifiziert wurde.

Teil II: Gedeihende Netzwerke: Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit in Wirkungsnetzwerken

Wirkungsnetzwerke befassen sich mit sozialen Problemen, die eine Zusammenarbeit erforderlich machen. Ein Kooperationsnetzwerk wird aufgrund der Komplexität der sozialen Probleme, mit denen sich die frühe MINT-Bildung konfrontiert sieht und die es zu lösen gilt, oftmals als vielversprechend betrachtet. Wenn Akteure im Bereich der frühen MINT-Bildung in Netzwerken zusammenarbeiten, bietet sich ihnen ein außergewöhnliches Potenzial, neues Wissen zu generieren und ideelle und strukturelle Veränderungen herbeizuführen (Kolleck, 2012, S. 152; Kolleck, Bormann, de Haan, Kulin & Schwippert, 2016). Netzwerke können jedoch viele verschiedene Wege beschreiten, um diese Wirkungen zu erzielen. Ein Blick auf die von den IDoS-Peers repräsentierten Netzwerke zeigt, dass sie sich zu einem umfassenden Bildungssystem entwickelt haben, das die nationale Bildungspolitik beeinflusst, die Kapazitäten von Lehrkräften und Erzieher:innen erheblich erhöht, Verbindungen herstellt und die Kooperation zwischen zuvor unwahrscheinlichen Verbündeten fördert oder lokale Verbindungen und das Engagement im gesamten Sektor stärkt, um die frühe MINT-Bildung trotz schwieriger Bedingungen voranzutreiben. Dabei variiert die Rolle, die jedes einzelne Netzwerk einnimmt, d. h. wie das Netzwerk Werte fördert. Die Mitglieder des Netzwerks können sich gegenseitig dabei unterstützen, die eigene Arbeit zu verbessern, sie können ihre Arbeit mit der anderer Mitglieder koordinieren oder sie können gemeinsam als ein vereinter Akteur des Wandels auftreten.

Trotz ihres enormen Wirkungspotenzials sind Netzwerke weder die Antwort auf alle Probleme noch eine leicht zu entwickelnde Struktur, die zum Erfolg führt. Als Ausgangspunkt für diese Publikation hat jeder IDoS-Peer eine Fallstudie über eines seiner am längsten bestehenden Netzwerke beigesteuert (siehe Teil I für Kurzprofile), und in jeder Fallstudie werden sowohl die Chancen als auch die Herausforderungen auf dem Weg des Netzwerks aufgezeigt. Forschungen aus den Management- und Sozialwissenschaften belegen außerdem, dass es grundlegende und bestenfalls ausbalancierbare Dilemmata im Zusammenhang mit der Zusammenarbeit in Netzwerken gibt (Shumate & Cooper, 2022).

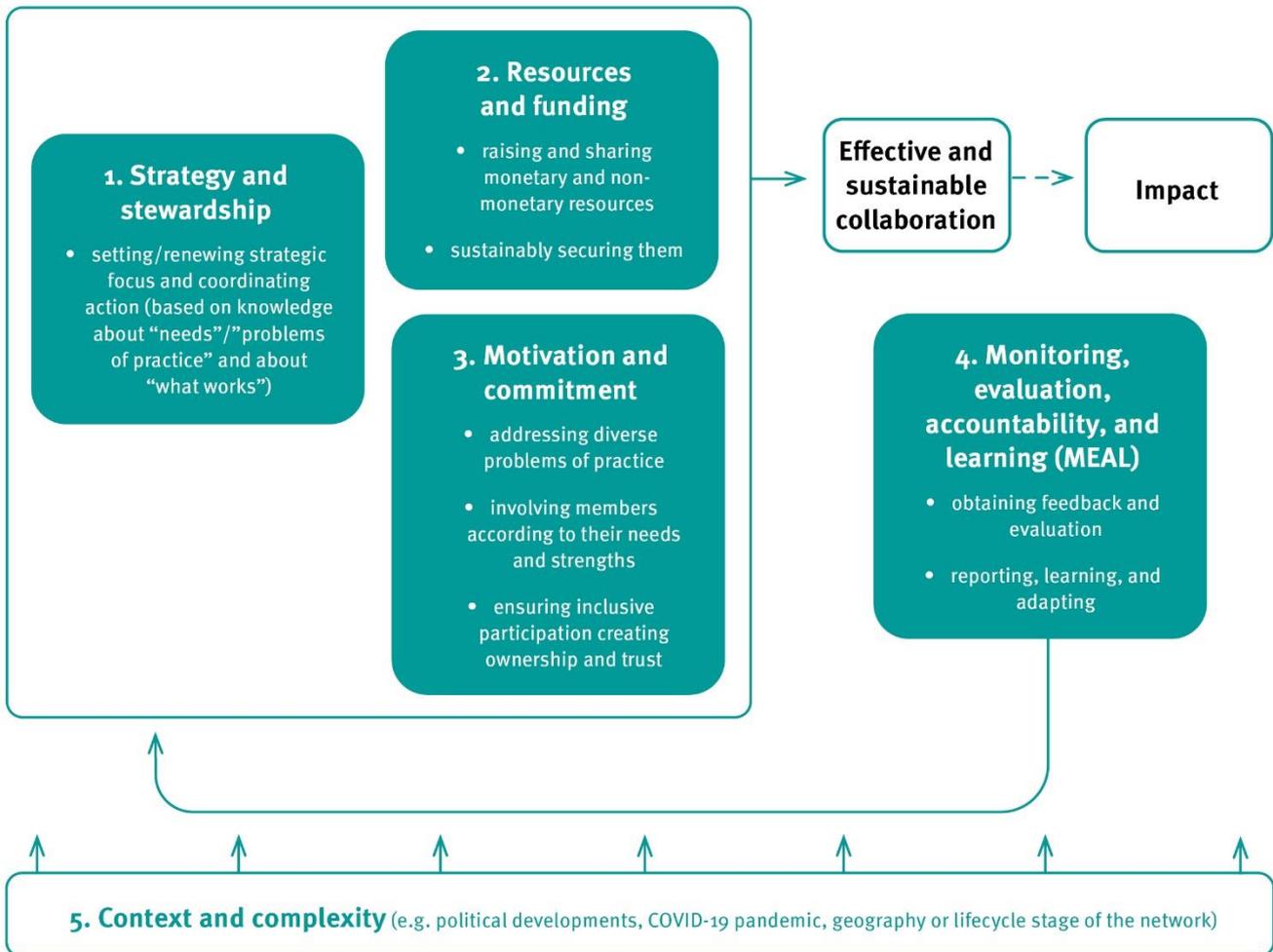
Um andere Organisationen bei der Bewältigung dieser Herausforderungen zu unterstützen, sollen in dieser Publikation Überlegungen und praktische Erkenntnisse anhand der Fallbeispiele der IDoS-Peers vorgestellt werden. So sollen mehr Akteure aus dem Bereich der frühen MINT-Bildung ermutigt werden, sich zu

vernetzen und zusammenzuarbeiten, um eine Wirkung zu erzielen, die die Summe ihrer individuellen Beiträge übersteigt.

Angesichts der unterschiedlichen Kontexte, Rollen und Funktionen von Netzwerken in der frühen MINT-Bildung gibt es natürlich keine festgelegte beste Lösung, die sich für jedes Netzwerk oder jedes Problem eignet. Doch trotz der Heterogenität der von den IDoS-Peers aufgebauten Netzwerke zeichnen sich einige Gemeinsamkeiten ab. Sie werden in Abbildung 2 als Elemente und Schlüsselpraktiken dargestellt, die für den Erfolg eines kollaborativen Netzwerks im Bildungswesen entscheidend sind. Zu ihnen gehören (1) die **Strategie und Steuerung** des Netzwerks, (2) seine **Ressourcen und Finanzierung** und (3) die **Motivation und das Engagement** der Netzwerkmitglieder. Die Anwendung wirksamer Praktiken von „**Monitoring, Evaluation, Accountability (Verantwortlichkeit, Rechenschaftspflicht) und Lernen** („MEAL“) ist (4) ein wichtiger Faktor, um die Relevanz der Netzwerkaktivitäten und damit die Wirkung des Netzwerks sicherzustellen und zu erhalten. Ebenso sind (5) der **Kontext** und die Komplexität des Bereichs, in dem Netzwerke tätig sind, ausschlaggebend für ihren Erfolg.

Abbildung 1. Erfolgsfaktoren und Erfolgskriterien von Netzwerken in der frühen MINT-Bildung

Success factors of networks



II.1 Strategie und Steuerung

Erfolgreiche Netzwerke zeichnen sich durch eine klare, von allen Netzwerkmitgliedern verabschiedete Mission und eine Strategie aus, die mit der Mission im Einklang steht. Wirkungsnetzwerke verfügen idealerweise über eine ihrer Strategie zugrunde liegende Theory of Change (Rogers, 2014), die auf einer Ursachenanalyse des Problems basiert, das das Netzwerk zu lösen versucht, und die genau beschreibt, wie die Aktivitäten des Netzwerks zur Lösung des Problems beitragen und wessen Bedürfnisse sie decken werden. In der frühen MINT-Bildung sind beliebte Beiträge von Netzwerken die gemeinsame Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen oder die Verbreitung bewährter Lösungen. Netzwerke können aber auch die Qualität der Arbeit ihrer Mitglieder verbessern, politische Veränderungen vorantreiben oder sich mit anderen Netzwerken

zusammenschließen, um das System zu verändern (Shumate und Cooper, 2022, S. 88-90). Die Aktivitäten von Wirkungsnetzwerken können sich auf vier verschiedenen Ebenen auswirken (Shumate und Cooper, 2022, S. 50):

- Auswirkungen auf Personen, die an Netzwerkaktivitäten teilnehmen (I),
- Ergebnisse, die von den Organisationen, die Teil des Netzwerks sind, beobachtet wurden (II),
- Ergebnisse auf der Ebene der Netzwerkpartnerschaft selbst (III), und
- Ergebnisse auf der Wirkungsebene, d. h. auf Kund:innen, auf ein bestimmtes Feld, eine Gemeinschaft, eine geografische Region usw. (IV).

Eine gute Strategie definiert die erwarteten Ergebnisse auf all diesen Ebenen. Das bedeutet jedoch nicht, dass sich die Ziele im Laufe der Zeit nicht ändern können oder sollten. Vielmehr sollten die Strategie und die Ziele anpassungsfähig bleiben, um sich ständig weiterentwickeln und Wirkung erzielen zu können. Klarheit über die gewünschten Ergebnisse, darüber, wie sie zusammenhängen, und darüber, was notwendig ist, um sie zu erreichen, befähigt kollaborative Netzwerke zu zielgerichtetem Handeln und treibt sie an.

Nachdem die Netzwerke einmal eingerichtet sind, müssen sie konsequent betreut werden. Eine Gruppe muss das Mandat haben, als entscheidungsbefugtes Gremium zu fungieren, das die strategische Ausrichtung (wieder-)herstellt und das Handeln daraufhin ausrichtet. Da Netzwerke ihre Relevanz ständig unter Beweis stellen und einen Mehrwert schaffen müssen, müssen die Verantwortlichen a) auf die Bedürfnisse der Mitglieder eingehen, b) zur Lösung von erkannten „Praxisproblemen“ in diesem Bereich beitragen und c) durch die Integration von neuem Wissen Verbindungen schaffen. Wie wir wissen, erfolgt die Arbeit in kollaborativen Netzwerken auf freiwilliger Basis und wird von verschiedenen Interessen und Hintergründen bestimmt. Die Steuerung von Netzwerken sollte sich daher an Prinzipien wie Gleichheit und Vertrauen orientieren und eher einen aktivierenden als einen kontrollierenden Ansatz verfolgen.

Die Bedeutung einiger dieser Aspekte wird im Fall des Smithsonian LASER-Netzwerks deutlich, das eine Theory of Change (siehe <https://ssec.si.edu/laser-model>) hat, die die Bewegungen von Netzwerken im Bereich der MINT-Bildung auf ein gemeinsames Thema (oder ein „Praxisproblem“) ausrichtet: Nachdem der Schwerpunkt anfangs auf der Förderung der forschungsbasierten naturwissenschaftlichen Bildung (inquiry-based science education, IBSE) und einem relativ klar definierten Ansatz lag, zeigte sich im Laufe der Zeit, dass auch im

Hinblick auf andere Themen im Bereich der MINT-Bildung Interesse an dem Modell bestand und es ein Potenzial für dessen Umsetzung gab. Anstatt mehr Kontrolle auszuüben und die Anwendung des Modells einzuschränken, nutzte man dieses Spannungsverhältnis, um die Führung entsprechend anzupassen und sich zu öffnen und zu dezentralisieren, indem man den Geltungsbereich auf das universelle Design zum Abbau von Barrieren in der MINT-Bildung für Schüler:innen mit Behinderungen und auf die Diversifizierung des MINT-Lehrpersonals ausdehnte und eine insgesamt stärkere Anpassung und Wirkung ermöglichte. Jedes Netzwerk innerhalb der Bewegung erstellte dabei sein eigenes Logikmodell oder einen strategischen Plan, um das Praxisproblem vor Ort in Angriff zu nehmen (Lee, 2022).

Die Erfahrungen, die insbesondere in den Initiativen der MINT*plus*-Territorien von der Siemens Stiftung gemacht wurden, verdeutlichen ein weiteres wichtiges Element bei der Etablierung einer Führung, die diese Anforderungen miteinander verbindet: die Sicherstellung der Eigenverantwortung „vor Ort“ und der Relevanz für die lokalen Gemeinschaften. Dieses Netzwerk wurde bewusst darauf ausgelegt, „loszulassen“, d. h. den Fokus auf die Dezentralisierung zu legen und dadurch zu versuchen, sich permanent dort anzupassen, wo der größte Wert geschaffen werden kann. Deshalb wurden die lokalen Netzwerke immer in Zusammenarbeit mit den wichtigsten Partnern in der identifizierten Gemeinschaft initiiert und geplant, wodurch es weniger spezifische Anforderungen gab, um sich für eine Zusammenarbeit zu qualifizieren. Außerdem wurden die Erfolgsindikatoren nicht auferlegt, sondern gemeinsam erstellt. Die Zahl der MINT*plus*-Territorien ist dadurch in nur drei Jahren von vier auf mehr als 40 gestiegen. Die lokalen Netzwerke unterscheiden sich in ihrer Form und ihrem Schwerpunkt je nach Gemeinde und weiter gefassten Stakeholder-Netzwerken und zeichnen sich durch ein hohes Maß an Leadership und Engagement in den jeweiligen Netzwerken aus.

Wie unter anderem Hearn (2011) beschreibt, erfordert dies von den verwaltenden Instanzen häufig, eher die Rolle eines Vermittlers als die eines Verwalters einzunehmen, um sicherzustellen, dass „die Prioritäten der einzelnen Mitglieder und homogenen Gemeinschaften den Prioritäten des Netzwerks entsprechen oder zu ihnen beitragen“. Vor allem Stiftungen, die grenzüberschreitend und international tätig sind, können nicht von einer natürlichen oder selbstverständlichen Rolle ausgehen. Sie können auf kulturelle und organisatorische Barrieren stoßen, die überwunden werden müssen, um diese Rolle einnehmen zu können und akzeptiert zu werden. Das OCE beispielsweise berichtet

über die Anfänge seines Netzwerks, in denen kulturelle Unterschiede gelegentlich zu solchen Spannungen in Bezug auf die Rollenverteilung führten. Diese wurden überwunden, indem bestimmte koordinierende Funktionen näher an den Gemeinschaften vor Ort angesiedelt wurden, die beteiligt werden sollten. Im Laufe von weniger als einem Jahr führte dies zu einem Wandel der Kultur und der Kommunikation, die sich weitgehend auf Berichte konzentrierte, hin zu einem stärker auf Gegenseitigkeit und Zusammenarbeit ausgerichteten Ansatz, der den Grundstein für den späteren Erfolg des Netzwerks legte.

Netzwerke leben von Zusammenarbeit und Empowerment, oft wird jedoch der Wettbewerb zwischen den Akteuren, vor allem Akteuren aus dem gleichen Sektor, unterschätzt. Dies gilt insbesondere für Initiativen, die ein Ökosystem aufbauen und entwickeln. Wie im *Brokering Better Partnerships Handbook* (Partnership Brokers Association, 2019) beschrieben, ist es daher von entscheidender Bedeutung, „den Mehrwert der Zusammenarbeit zu erforschen und auszubauen und das Recht aller Partner, von ihrem Engagement in der Partnerschaft zu profitieren, als Ausgangspunkt zu verstehen, um Engagement für die gemeinsamen Ziele zu entwickeln.“

Ein Blick auf die Strukturen von LUMA in Finnland oder der Stiftung Kinder forschen in Deutschland bestätigt dies. Die Rollen der wichtigsten Netzwerkknoten und -partner wurden definiert und werden auch tatsächlich als entscheidend für den Erfolg des gesamten Netzwerks angesehen.

Am Beispiel von *Fondation La main à la pâte* zeigt sich auch, wie der Aufbau eines Netzwerks (und einer Steuerung) letztendlich zu einer Umstrukturierung der gesamten Organisation führen kann, damit diese dezentraler und vernetzter wird. Nach der Gründung (und Multiplikation) der Häuser für die Wissenschaft hat *La main à la pâte* seinen Aktionsradius neu definiert und konzentriert sich nun mehr auf die Bereitstellung von Ressourcen für die Online-Fortbildung von Lehrkräften in Verbindung mit Unterrichtsaktivitäten (und weniger auf das Angebot von Fortbildungsveranstaltungen vor Ort, an denen Lehrkräfte aus dem ganzen Land teilnehmen). Das liegt daran, dass die Häuser für die Wissenschaft die Aufgabe der Lehrkräftefortbildung vor Ort übernommen haben und die Lebenswirklichkeit der Lehrkräfte in ihrem eigenen Gebiet genau kennen. Nach einer Phase der Entwicklung einzelner Programme wurden zudem Interdependenzen und Synergien zwischen den Häusern, der Stiftung und den anderen Netzwerken, die die Stiftung koordiniert, sichtbar. Ressourcen und Online-Tutorials für Lehrkräfte werden

häufiger in Zusammenarbeit erstellt und weitergegeben, damit sie auch in Präsenzseminaren eingesetzt werden können. Die Häuser für die Wissenschaft haben zudem ihre Beziehungen zu den anderen von der Stiftung koordinierten Netzwerken ausgebaut und fungieren selbst als lokale Koordinatoren von Projekten, die in diesen anderen Netzwerken stattfinden. Durch diese Rollen- und Arbeitsteilung zeichnet sich ein zunehmender Trend zu mehr Integration ab, der durch den kontinuierlichen Dialog der Stiftung mit und zwischen den Netzwerken gefördert wird.

II.2 Ressourcen und Finanzierung

Netzwerke sind sehr ressourcenintensiv (Hearn, 2011). Die nach außen sichtbare operative Koordination und die meist unsichtbare Pflege von Verbindungen und Beziehungen erfordern Investitionen in Form von Zeit und Geld, die weitgehend unterschätzt werden und für viele Netzwerke nicht in ausreichender Form und Höhe zur Verfügung stehen. Bei Organisationen, die ein Netzwerk führen, kann es daher schnell zu Überforderung und Unterfinanzierung kommen, wodurch eine kritische Abwärtsspirale in Gang gesetzt wird. Dies lässt sich leider immer noch oft in Graswurzel- und innovativen Bottom-up-Initiativen beobachten, die bei der Transformation der MINT-Bildung auch gebraucht werden, und stellt weiterhin eine Herausforderung für Netzwerke dar.

Die IDoS-Peers sind zweifellos eine besondere und privilegierte Gruppe von netzwerkbildenden Organisationen, da sie größtenteils gut etabliert sind und über ausreichende finanzielle Mittel für ihre Arbeit verfügen. Um jedoch landesweit oder international Bedeutung und Einfluss zu erlangen, musste (und muss) jede von ihnen strategische Partnerschaften aufbauen, Nachweise und Beweise für die Wirksamkeit eines Modells erbringen und weitere Ressourcen wie politischen Willen und Einfluss gewinnen.

Als *La main à la pâte* 2014 sein Netzwerk der Häuser für die Wissenschaft ins Leben rief, lag der Schwerpunkt auf der Kooperation einer Universität mit der lokalen Verwaltung der nationalen Bildungsdienstleistungen, die dann die auf nationaler Ebene festgelegte Bildungspolitik umsetzt. Die Finanzierung wurde hauptsächlich durch einen nationalen Aufruf zur Einreichung von Projekten sichergestellt und durch Sachleistungen der Universitäten in Form von Personal ergänzt. Nach der Gründungsphase des ersten halben Dutzend Häusern für die Wissenschaft und trotz des Auslaufens der Startfinanzierung wuchs das Netzwerk

auf mehr als das Dreifache seiner Größe an und deckte fortan die meisten Regionen des Landes ab. Inzwischen ist es die größte nichtstaatliche Organisation für die Ausbildung von Lehrkräften im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung in Frankreich. Der Grund dafür ist, dass sich weitere Universitäten und Rektorate von den ersten Häusern inspirieren ließen und versuchten, dieses Modell auch in ihrer Region einzuführen. Neben den von den Universitäten zugesicherten Sachleistungen finanziert sich das Netzwerk nun über lokale Sponsoren und eine limitierte nationale Förderung, die von *La main à la pâte* über nationale Sponsoren sichergestellt wird.

Auch die Stiftung Kinder forschen konnte ihre Reichweite durch eine Partnerschaft mit dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung erheblich steigern. Mittlerweile arbeitet die Stiftung mit weit über 500 Trainer:innen und 200 Partnern zusammen, um Schulen und Kindergärten im ganzen Land mit ihrem Fortbildungsprogramm zu erreichen. Dieser Fall verdeutlicht auch eine weitere Schlüsselkomponente in Bezug auf Ressourcen und Finanzierung: die Möglichkeit, von Mitgliedern und/oder Partnern dieses Netzwerks Mittel für die Netzwerkarbeit zu erhalten. Die von den Netzwerkpartnern bereitgestellten Mittel belaufen sich auf sechs Millionen Euro pro Jahr und können als handfester Erfolg der Zusammenarbeit im Rahmen der Bildungsinitiative gewertet werden.

Auch das LUMA Centre Finland wird zu gleichen Teilen von der Regierung und den beteiligten Forschungsuniversitäten finanziert. Dadurch konnte das Netzwerk bei der Entwicklung und dem Austausch von Aktionen, Materialien und pädagogischer Unterstützung im ganzen Land eine enorme Effektivität erreichen. Die Entwicklung einer gemeinsamen Strategie und die Aufteilung der Entscheidungsbefugnisse schufen zudem Vertrauen und Zusammenarbeit, von der alle Zentren – kleine wie große – gleichermaßen profitierten, da sie Ressourcen, Wissen und Aktivitäten gemeinsam nutzen können. Im letzten Jahrzehnt führte der erste Erfolg des Programms an einer Universität dazu, dass es schließlich in der finnischen Bildungsstrategie verankert wurde und auf jedem nationalen Universitätscampus präsent ist.

Die Netzwerkaktivitäten des Smithsonian Science Education Center werden vollständig durch Spenden und Zuschüsse finanziert. Diese Mittel unterstützen die Programmgestaltung und werden mit den Netzwerkmitgliedern in Form von monetären (z. B. Honorare für Mentoren, Reisekosten) und nicht-monetären (z. B.

kostenlose Teilnahme an Fortbildung oder Tagungen, kostenlose MINT-Lehrpläne) Ressourcen geteilt. Obgleich die Skalierung eines Bewegungsnetzwerks wie LASER durch zeitlich begrenzte Spenden und Zuschüsse eine Herausforderung darstellt, hat der durch umfassende Evaluierungen nachgewiesene Erfolg von LASER zu einer nachhaltig gesicherten Finanzierung geführt.

Das OCE reflektiert über den Wandel, der im Engagement seines Netzwerks möglich wurde, nachdem es von einer ehrenamtlichen zu einer vergüteten Rolle im Netzwerk überging. Dennoch fungiert keiner der IDoS-Peers in seiner Netzwerkpraxis als traditioneller Geldgeber. Sie alle verfolgen nach wie vor einen stark operativen Ansatz und sind „vor Ort“ und innerhalb ihrer Netzwerke präsent.

II.3 Motivation und Engagement

Netzwerke basieren auf Verbindungen und dem Austausch von Werten wie Kompetenzen, Wissen oder Ressourcen (Plastrik, Taylor & Cleveland, 2014). Eine entscheidende Komponente ist das „Netzwerkweben“ auf persönlicher Ebene und die Entwicklung eines Netzwerks in unterschiedlichen Etappen (von „verstreuten Fragmenten“ über „Zentrum/Radnabe und Speiche“ und „Multi-Hub (Mehrfache zentrale Stellen/Drehscheiben)“ bis potenziell hin zu „Kern und Peripherie“-Strukturen), was darauf hindeutet, dass sich die verbundenen Akteure und die Art der Verbindungen weiterentwickeln, wenn die Netzwerke reifen und mehr Wirkungen erzielen (Holley, 2012). Um Verbindungen innerhalb eines Netzwerks aufzubauen, müssen sowohl die persönlichen als auch die institutionellen Absichten und Agenden mit den Zielen des Netzwerks in Einklang gebracht werden. Diese Abstimmung ist notwendig, um inhärente Konflikte zu vermeiden, die die erforderliche „Verflechtung“ untergraben könnten. Zudem ist es wichtig, diese Abstimmung und das Engagement im Laufe der Zeit aufrechtzuerhalten.

Alle Netzwerke in dieser Stichprobe der IDoS-Peers haben direkt oder indirekt eine relativ große Gemeinschaft von Mitgliedern und Multiplikatoren aufgebaut. Gleichwohl mussten sie bei ihren Entwicklungen große Herausforderungen in Bezug auf das Engagement und die Motivation ihrer Netzwerke bewältigen. Rückblickend auf die ersten Schritte des OCE wurde sein Prozess anfangs als nicht inklusiv genug angesehen und das Feedback der eingeladenen Mitgestalter:innen zeigte, dass die Ziele, Werte und Ideen des Netzwerks zu zentral durch das OCE selbst definiert wurden. Dies konnte nur durch die Gewährung von mehr Autonomie und die Suche nach einem Gleichgewicht zwischen kollektiver und individueller Ansprache

überwunden werden, um das Netzwerk zu gestalten und zugleich jeden beteiligten Partner zu motivieren. Während die Anfangsphase besonders „empfindlich“ in Bezug auf derartige Spannungen ist, bleibt es auch danach eine der schwierigsten Aufgaben, eine so vertrauensvolle Atmosphäre für Zusammenarbeit und Ko-Kreation zu schaffen und aufrechtzuerhalten, stellen die Gründer:innen des LASER-Netzwerks des Smithsonian Science Education Center fest, nachdem sie ihre Erfahrungen Revue passieren ließen.

Darüber hinaus spielen erlernte kulturelle Normen oder kontextuelle Faktoren eine große Rolle. Beispielsweise agieren alle Netzwerke in einem Bildungssystem, das vor allem durch bestimmte Lehrdisziplinen und vorausgesetzte Rollen von Erzieher:innen, Lehrkräften und Behörden definiert ist (siehe auch die gemeinsamen Überlegungen unter Punkt II.5). Es bedarf jedoch eines flacheren, kollaborativeren Netzwerkansatzes, um die rein professionelle Ebene zu durchbrechen und die persönliche Ebene der Teilnehmenden anzusprechen. Nur so kann das gewünschte Maß an Engagement erreicht werden. Zu diesem Schluss kommt auch das LUMA-Team bei der Reflexion über seine Bemühungen um den Aufbau von Kooperationen, wo bisher Silo-Denken vorherrschte. Als die Initiative ins Leben gerufen wurde, sah sich das LUMA Centre mit starkem Widerstand gegen die Zusammenarbeit - oder auch nur die Verbindung - mit Abteilungen anderer Disziplinen oder anderer Universitäten konfrontiert. Nach nahezu zwei Jahren intensiver Fürsprache und konkreter Angebote, diese neue Form der Zusammenarbeit kennenzulernen, konnte LUMA schließlich einen signifikanten Unterschied in der Art und Weise feststellen: Informationen wurden freier geteilt und es wurde aktiv mitdiskutiert.

Diese Erkenntnis sollte nicht unterschätzt werden: Netzwerke sind persönlich und setzen sich aus Personen zusammen, die die Mitgliedsorganisationen des Netzwerks vertreten. Daher erfordert jede Entwicklung oder Veränderung die Sicherstellung einer umfassenden Beteiligung in allen Phasen sowie die Schaffung eines Gefühls der Eigenverantwortung und des Vertrauens als Kernbestandteile der Netzwerkerfahrung der Mitglieder. Das neue IDoS-Peer-Netzwerk baut insbesondere auf diesem Faktor auf: In der Absicht, die führenden feldentwickelnden Institutionen des MINT- Bildungsbereichs zusammenzubringen, was eine formelle Beitrittserklärung jeder Organisation einschließt, ist der Ansatz gleichzeitig sehr persönlich. Er konzentriert sich auf den Aufbau von Verbindungen, die Förderung des Lernens und die Entwicklung vertrauensvoller Beziehungen zu

und zwischen den relevanten Personen innerhalb der teilnehmenden Organisationen. Sich als Individuum eingeladen zu fühlen, ergänzend zur Organisationszugehörigkeit, ist ein wichtiges Element und bleibt ein zentrales Versprechen dieses Lernnetzwerks.

Mit Blick auf die daraus resultierenden Risiken nennen Plastrik et al. (2014) Kontrolle, Ausgrenzung und fehlende Nachfolge (bei Austritt einer Person) als die häufigsten Herausforderungen für Netzwerke. Vor allem als Stiftende und Gründende eines Netzwerks ist es unerlässlich, die Risiken des Abschottens, des Verstummens oder des Versagens bei der Entwicklung fördernder Voraussetzungen für mehr Teilnehmende, ein größeres Engagement und eine integrative Entscheidungsfindung im Netzwerk zu bewältigen. Sich in einem Netzwerk zu engagieren, erfordert von jedem ein gewisses Maß an Vertrauen und die Aufgabe individueller Kontrolle zugunsten des besseren Funktionierens des Netzwerks als Ganzes. Hier sind Fragen zu Strategie und Steuerung (wie in Punkt II.1 beschrieben) und Überlegungen zu Motivation und Engagement eng miteinander verknüpft.

Dies lässt sich an dem Netzwerk mit den MINT*plus*-Territorien, erkennen. Hier gab es nur wenige Gestaltungsrichtlinien für die lokalen Gemeinschaften, die aktiv aufgefordert wurden, ihre eigenen Bedürfnisse und Erwartungen in Bezug auf die Schwerpunktthemen und die einzuladenden Akteure einzubringen. Neben der Festlegung der Agenda ist auch die Aussprache von Anerkennung eine mögliche Strategie, um die Motivation zu steigern und aufrechtzuerhalten.

Nahezu alle im Rahmen dieser Publikation betrachteten Netzwerke entwickeln wichtige Komponenten ihrer Angebote gemeinsam mit anderen Netzwerkmitgliedern (und würdigen diese auch ausdrücklich dafür), sei es in Form von Lernmaterialien oder von Formaten für Netzwerktreffen. Das Smithsonian Science Education Center bildet zum Beispiel vor der Auseinandersetzung mit einem neuen Praxisproblem Beratungsausschüsse. Diese setzen sich aus verschiedenen Mitgliedern zusammen, die eine Vielzahl von Bedürfnissen, Stärken, geographischen Gegebenheiten und Fachkenntnissen in Bezug auf das zu bewältigende Praxisproblem vertreten (siehe: <https://ssec.si.edu/advisory>-Ausschüsse), was eine umfassende Beteiligung der Netzwerkmitglieder sicherstellt und Eigenverantwortung und Vertrauen schafft. Die Netzwerkmitglieder erhalten für ihr Engagement und ihre Bemühungen um neue Möglichkeiten positive Reaktionen und fühlen sich dadurch noch mehr motiviert.

Ein aussagekräftiger Indikator für den Grad des Engagements ist die Bereitschaft von Netzwerkmitgliedern, ein anderes Mitglied zu unterstützen oder von ihm Unterstützung zu erhalten, wie Vandor, Leitner & Millner (2020) in einer kürzlich durchgeführten Netzwerkevaluierung gezeigt haben. Vergleicht man die Stunden, in denen Peer-Unterstützung geleistet wird, mit den Ressourcen, die in die Koordinierung des Netzwerks investiert werden, überwiegen erstere oft um ein Vielfaches. So wird beispielsweise siebenmal mehr Zeit in die Peer-Ressourcen investiert als in spezielle Koordinationskapazitäten.

II.4 Monitoring, Evaluation, Accountability (Verantwortlichkeit), and Learning (MEAL)

Leider lässt sich immer wieder beobachten, dass viele Netzwerkorganisatoren noch immer nicht ausreichend darauf vorbereitet sind, die von ihnen erzielten Wirkungen zu artikulieren und mit Belegen zu untermauern, die über Anekdoten hinausgehen (Plastrik et al., 2014). Dies ist jedoch sowohl für die Bekanntheit der Ergebnisse (d. h. die Perspektiven auf der Akteurs- und Ergebnisebene) als auch für die Prozesse, durch die sie erzielt wurden, von Bedeutung. Dazu zählt die Anwendung wirksamer Praktiken von Monitoring, Evaluation, Accountability (Verantwortlichkeit, Rechenschaftspflicht) und Lernen („MEAL“), um die Relevanz der Netzwerkaktivitäten und damit die Wirkung des Netzwerks sicherzustellen und zu erhalten. Diese Praktiken sind außerdem wichtig für die Gesundheit, Nachhaltigkeit und Entwicklung des Netzwerks und seiner Mitglieder insgesamt.

Als vergleichsweise ausgereiftes Beispiel für Netzwerkorganisationen und mit noch stärkeren wissenschaftlichen Verbindungen und Standards können die IDoS-Peers jedoch durchaus einen Beitrag leisten. Die folgenden Indikatoren und Erkenntnisse haben sich insgesamt als sehr hilfreich erwiesen, um den Erfolg und die Entwicklung eines Netzwerks im Laufe der Zeit zu verfolgen. Sie dienen den Netzwerkverantwortlichen als Orientierungshilfe und erleichterten eine angemessene Berichterstattung an die Sponsoren:

- „Eine randomisierte kontrollierte Studie (randomised control-trial- RCT) mittleren Umfangs hat dazu beigetragen, insbesondere in Bezug auf den Transfer und die praktische Anwendung im Klassenzimmer mögliche Grenzen von Fortbildungsmaßnahmen aufzuzeigen. Eine staatliche Finanzierung durch die National Research Agency ermöglichte die Einrichtung eines

Bewertungssysteme unter ökologischen Bedingungen (160 im Rahmen des Projekts ausgebildete Lehrkräfte) im Rahmen eines randomisierten, kontrollierten Experiments (mit einer Gesamtdauer von vier Jahren, davon zwei Jahre für das Training), verbunden mit einem genauen qualitativen Beobachtungsansatz. Vier Häuser für die Wissenschaft wurden gleich zum Zeitpunkt der Einrichtung des Häuser für die Wissenschaft-Netzwerks in die Studie aufgenommen. Zusätzlich zu den Häusern für die Wissenschaft hat die RCT-Studie drei verschiedene Forschungslabore in Frankreich mobilisiert, deren Schwerpunkte auf Ökonometrie, Kognitionswissenschaften bzw. Didaktik liegen. Die RCT hat keine eindeutigen Indikationen für eine Verbesserung der Fortbildungsmaßnahmen geliefert und auch die Notwendigkeit anderer Formen der Evaluierung, wie die kontinuierliche Bewertung des Fortschritts und der Zielerreichung (Projektauvaluierung) oder der Qualitätssicherung, wurde nicht verringert. *La main à la pâte* entwickelt aktuell neue Instrumente und Strategien für die Bewertung der Effekte und Wirkungen auf seine Zielgruppe. Das Ziel der neuen Instrumente besteht darin, in kurzer Zeit klare Hinweise auf Verbesserungen zu erhalten. Darüber hinaus wurde das Evidenz-Monitoring ausgebaut, um eine solide Datenbasis für die Bereitstellung von Ressourcen und Fortbildungsmaßnahmen zu schaffen (und innerhalb des Netzwerks zu teilen).“ (*La main à la pâte*)

- „Wir haben Belege für die Wirkungen von LASER durch eine groß angelegte randomisierte Kontrollstudie (RCT) mit 60.000 Schüler:innen in 124 Schulen in drei bundesstaatlichen Netzwerken gesammelt. 9.000 Schüler:innen wurden zudem über einen Zeitraum von drei Jahren im Längsschnitt begleitet und die Wirkungen von LASER auf die Leistungen der Lernenden und die Fortbildung der Lehrkräfte untersucht (What Works Clearinghouse, 2021). Wir glaubten damals, dass wir durch die Unterstützung der Schule, des Schulbezirks, der staatlichen Bildungsbehörde oder des Netzwerks von Bildungsorganisationen beim Aufbau ihres eigenen LASER-Netzwerks den Erfolg messen würden, wenn die fünf Säulen von LASER (Bildungsplan, Fortbildung, Unterstützung durch die Gemeinschaft, Materialien und Bewertungen) im Laufe der Zeit nachhaltig wären. Eine Folgestudie bewertete diese Nachhaltigkeit. Bei der Anwendung von LASER auf neue, vielfältige Praxisprobleme haben wir Informationen über jedes am Aufbau des Netzwerks

beteiligte ‚Aktivitätssystem‘ gesammelt und über gemeinsame Herausforderungen und Erfolge berichtet.“ (Smithsonian LASER-Netzwerk)

- „Es finden jedes Jahr Peer-Review-Sitzungen zwischen den regionalen Zentren statt, um die Aktivitäten sowie die Herausforderungen und die durch die Aktivitäten erzielten Erfolge zu diskutieren. Außerdem wird jedes Zentrum von der Zentralverwaltung des gesamten nationalen Netzwerks bewertet. Nach jedem nationalen Großprojekt wurde eine externe Prüfung initiiert, um weitere Maßnahmen auf den bisherigen Erfahrungen und Ergebnissen aufbauen zu können.“ (LUMA Centre Finland)
- „Begleitforschung, Monitoring und Evaluation sind Schlüsselemente unserer Arbeit.“ (Stiftung Kinder forschen) Alle Aktivitäten der Stiftung Kinder forschen werden kontinuierlich evaluiert und durch Forschung begleitet. Die Stiftung versteht sich als lernende Organisation und fördert den Austausch von Wissen zwischen Forschung und Praxis. Neben einem kontinuierlichen internen Monitoring mit den Schwerpunkten Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung arbeitet die Stiftung mit einem hochkarätigen Wissenschaftlichen Beirat und renommierten externen Partnern zusammen, die begleitende Studien durchführen und zur Sicherstellung wissenschaftlich fundierter Praktiken beraten. Das Qualitätsmonitoring und die Evaluation schließen regelmäßige Bedarfsanalysen und das systematische Einholen von Feedback zu den Angeboten der Stiftung ein. Zu den betrachteten Aspekten und Datenanalysen gehört auch die Frage, inwiefern die Angebote und Aktivitäten geeignet sind, die beabsichtigten Wirkungen zu erzielen. Das Bildungsprogramm der Stiftung wird anhand eines Wirkungslogikmodells geplant und evaluiert, das Inputs, Outputs und Outcomes als Ergebnisse definiert; für verschiedene Unterprogramme gibt es spezifisch detaillierte Wirkungsmodelle. Die Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Begleitung und Evaluation werden für die weitere Wirkungsorientierung und Qualitätsentwicklung der verschiedenen Formate genutzt. Die Evaluierungen zeigen, dass die teilnehmenden Pädagog:innen das Programm als sehr motivierend und leicht zugänglich empfinden. Sie sind mit der Benutzerfreundlichkeit des Programms sehr zufrieden. Sie haben auch das Gefühl, gut vorbereitet zu sein, um die behandelten MINT-Themen in ihrer täglichen Arbeit mit Kindern umzusetzen. Die Teilnehmenden geben an, ihr

MINT-Wissen verbessert und ihre fachspezifischen pädagogisch-didaktischen Kompetenzen in der MINT-Bildung erweitert zu haben. Sie empfinden zudem eine hohe Selbstwirksamkeit bei entdeckend-forschenden Aktivitäten mit Kindern und ihre Erfahrungen (Motivation, professionelle Kompetenzen und Verhalten in der pädagogischen Praxis) nehmen sukzessive zu (siehe [Scientific Series](#) und die [Monitoring Reports](#) der Stiftung) (Stiftung Kinder forschen, 2022).

Die Erfahrung der Stiftung Kinder forschen zeigt die Notwendigkeit, die Entwicklung der Netzwerkpartnerschaften (und damit des gesamten Netzwerks) kontinuierlich und systematisch zu beobachten und einen iterativen Prozess zu etablieren, der den Partnern und der Stiftung ermöglicht, den Status der Partnerschaft regelmäßig zu überprüfen und notwendige Anpassungen und Änderungen zu identifizieren.

Nichtsdestotrotz hat die Praxis von MEAL (Monitoring, Evaluation, Accountability (Verantwortlichkeit), Lernen) auch in den Netzwerken dieser Stichprobe von IDoS-Peers zu Herausforderungen und Erkenntnissen geführt. In einigen Fällen erwiesen sich die zu Beginn erstellten Rahmenwerke – insbesondere randomisierte Kontrollstudien – zunächst als zu komplex und konnten erst in einem späteren und reiferen Stadium des Netzwerks relevante Informationen liefern. In anderen Fällen wurde der Messaufwand sowohl von den Mitgliedern als auch von den Koordinator:innen unterschätzt, was zu einem geringeren Engagement führte als erwartet und erforderlich war, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Oft dauerte es länger als erwartet und es bedurfte einiger Wiederholungen, um den richtigen Rhythmus und die richtige Regelmäßigkeit für die Evaluierung zu finden, deren Ergebnisse für die Entwicklung eines Systems zum Lernen und zur Rechenschaftslegung genutzt werden sollten.

Die Verbesserung der MEAL-Praxis ist nach wie vor eine der Hauptprioritäten der IDoS-Peers und einer der Bereiche, in denen das Voneinander-Lernen und der Austausch von Praktiken durch den Dialog erleichtert werden kann. Der letztgenannte Aspekt ist insofern von Bedeutung, als dass abgesehen von den individuellen Praktiken der einzelnen Netzwerke wenig bis gar nichts über die Bedeutung der Zusammenarbeit im weiteren Bereich der MINT-Bildung zu finden ist. Die Abstimmung von Ansätzen, die Öffnung der eigenen Methoden und das aktive Lernen aus den verschiedenen Ergebnissen sind zentrale Bausteine, um die Bemühungen um frühe MINT-Bildung voranzutreiben.

II.5 Kontext und Komplexität

Je größer und komplexer die Herausforderung, desto wahrscheinlicher wird eine Art von Netzwerkstruktur benötigt (London in Monitor Institute, 2015). Laut dem Cynefin Framework bieten Netzwerke den höchsten Wert in Situationen, die von Natur aus zusammenhängen, sich in ständigem Wandel befinden und ein gewisses Maß an Unvorhersehbarkeit aufweisen (Snowden & Boone, 2007). Ganz im Gegenteil: Bei einfachen Problemen, die weniger Interaktion erfordern, stellen Netzwerke möglicherweise keinen Vorteil gegenüber anderen Strukturen dar und enttäuschen die Erwartungen an eine schnelle, unumstrittene Lösung oder das gewünschte Ergebnis. In diesen Fällen ist möglicherweise eine stärker zentralisierte Struktur erforderlich.

Der Bereich der frühen MINT-Bildung und insbesondere die Bereiche der Innovation, einschließlich der nachhaltigen Entwicklung und der Digitalisierung, sind grundsätzlich komplex, da sie Fragen der Bildung, der Technologie, der Inklusion und der Demografie verbinden und eindeutig soziale, wirtschaftliche und politische Aspekte berücksichtigen. Zudem ist eine Zusammenarbeit über Sektoren und Funktionen hinweg erforderlich. Es ist daher naheliegend, Netzwerke zu nutzen. Dies allein macht es jedoch nicht leichter, Erfolge zu erzielen.

Bei der Betrachtung der Erfahrungen der IDoS-Peers dieser Stichprobe stehen die folgenden Überlegungen heraus: Um eine bestimmte Größenordnung zu erreichen, bedarf es politischen Willens, Unterstützung und Erlaubnis (im Gegensatz zu politischen Einschränkungen). Sei es in Form von strategischen Fördermitteln, wie sie dem LASER-Netzwerk des Smithsonian zur Verfügung gestellt werden, um die wichtigsten Forschungsergebnisse zu skalieren und weiterzugeben; das strategische Mandat, das das finnische Bildungsministerium LUMA erteilt hat, um den Ansatz im ganzen Land zu skalieren; die strategische Partnerschaft, die das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung mit der Stiftung Kinder forschen unterhält, um Kindergärten und Schulen bundesweit Bildungsmöglichkeiten zu eröffnen; oder die politische und finanzielle Unterstützung, die *La main à la pâte* und das OCE vom französischen Bildungsministerium und seinen Direktionen oder auch von den Universitäten, die die Häuser für die Wissenschaft von *Fondation La main à la pâte* beherbergen, erhalten, um Netzwerke von nationalem und internationalem Ausmaß zur naturwissenschaftlichen Bildung, Klimawandel-Bildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung zu betreiben. Wichtig für den Erfolg dieser Netzwerke war auch, dass

diese Partnerschaften mit dem öffentlichen Sektor institutionell (und nicht politisch) verankert waren, sodass eventuelle Machtwechsel in Regierungen oder Ministerien das vereinbarte Mandat nicht beeinträchtigten.

Während politische Entwicklungen einen entscheidenden permanenten Kontextfaktor darstellen, war die globale Pandemie in den letzten Jahren ein Beispiel für einen plötzlichen „externen Schock“, der sich auf Netzwerke aller Art auswirkte – und auch in den Netzwerken der IDoS-Peers seine Spuren hinterließ. Pädagog:innen waren plötzlich mit der Schließung von Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen konfrontiert. Sie mussten daher auf Fernunterrichtsmodelle umsteigen und sich an die Gegebenheiten anpassen. Der Distanzunterricht warf aber auch ein Schlaglicht auf soziale Unterschiede und Ungleichheiten. Beispielsweise war der Zugang zu Computern oder sogar zum Internet in einigen Haushalten, in denen die Kinder remote lernen mussten, keine Selbstverständlichkeit. Diese sozialen Unterschiede wurden wesentlich größer, sichtbarer und schwieriger zu meistern. Daher waren Innovation und Anpassung a) auf direkter operativer Ebene erforderlich, da dringend notwendige persönliche Formate und Interaktionen nicht mehr möglich waren und neue virtuelle Alternativen entwickelt werden mussten, und b) auf einer indirekteren allgemeinen Ebene, um der Notwendigkeit Rechnung zu tragen, Einrichtungen für frühkindliche Bildung und Erzieher:innen zu unterstützen, die direkt von der Pandemie betroffen waren, und sie mit Ressourcen zu versorgen, um das System am Laufen zu halten. Netzwerke spielten in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle, um den Bedarf an Innovationen durch den Austausch innerhalb ihrer Peer-Gemeinschaften zu decken. Rückblickend erwies sich die Pandemie als sehr herausfordernd und komplex, brachte aber auch Netzwerke und Kooperationen hervor, die dazu beitrugen, Innovationen und Paradigmenwechsel anzustoßen, die zuvor nicht in Betracht gezogen worden wären. Die IDoS-Peers sind sich einig, dass die koordinierten Netzwerke und kontextuellen Faktoren nachhaltige (Rück-)Wirkungen auf ihre eigenen Institutionen und Organisationen hatten.

Teil III: Chancen und Ergebnisse: Warum die IDoS-Peers Netzwerke als Agenten des Wandels betrachten

Da es sich bei der MINT-Bildung (insbesondere in ihrem Bezug auf die nachhaltige Entwicklung und die Digitalisierung der Gesellschaft) um ein komplexes Thema handelt und die Arbeit in Netzwerken bei komplexen Herausforderungen von großem Wert ist, sollten MINT-Bildungsinitiativen auf einen Netzwerkansatz zurückgreifen, um Wirkungen und Veränderungen zu fördern. Die Autor:innen dieser Publikation haben Erkenntnisse zusammengetragen, wie Netzwerke zur Förderung und Professionalisierung der MINT-Bildung in einer sich wandelnden Welt beitragen können. Um das Engagement und die Wirkungen der im IDoS-Netzwerk engagierten feldentwickelnden Institutionen vor Ort zu stärken, ist ein systemischer und ko-kreativer Ansatz erforderlich, in dem Erfahrungen und Innovationen für bessere Maßnahmen auf lokaler und globaler Ebene für eine bessere und zugängliche Bildung ausgetauscht werden. Dies ist wichtig, um funktionierende und erfolgreiche Netzwerke aufzubauen, die Wirkungen erzielen.

Die definierenden Funktionen eines **Wirkungsnetzwerks** (siehe Ehrlichman, 2021) umfassen konzentriertes Lernen (Learning Networks), die Durchführung gemeinsamer Aktionen in Bezug auf global wichtige Themen (Action Networks) und die Fokussierung der eigenen Ziele auf eine gemeinsame Basis für einen gemeinsamen Zweck (Movement Networks). Gleichzeitig gilt es, die dynamische soziale Resilienz zu steigern, damit kollektives Handeln zu nachhaltiger Entwicklung und besserer Lebensqualität führt (Resilience Networks). Dies bietet auch die Möglichkeit, die Verbreitung von Wissen und erlernten Maßnahmen zu skalieren, bewährte Praktiken zu teilen und gemeinsam Aktionen zu entwickeln, die auf bewährten Praktiken aufbauen und auf neue Situationen und soziale Inhalte angepasst sind (Scale Networks) (Slaughter, 2017; Ehrlichman, 2021). Ein erfolgreiches Wirkungsnetzwerk hat eine klare Mission, die von allen Netzwerkmitgliedern verabschiedet wurde. Für die IDoS-Peers und ihre jeweiligen Netzwerke ist dies eine leicht zugängliche und qualitätsorientierte MINT-Bildung mit dem Ziel, ein besseres Leben und eine bessere Gesellschaft für alle Bürger zu gestalten. In diesem Fall besteht die Strategie darin, Wirkungsnetzwerke aufzubauen, die Wissen, Praktiken und gemeinsame Ressourcen im Einklang mit der Mission bereitstellen. Den Wirkungsnetzwerken der IDoS-Peers liegt eine Wirkungslogik (Theory of Change) zugrunde, die auf einer allgemeinen Analyse der globalen Probleme und des Mangels an MINT-Kenntnissen - einer Qualifikation, die

Menschen auf der ganzen Welt zugutekommt - basiert. Das hier beschriebene Netzwerk von Wirkungsnetzwerken ist ein ko-kreatives Großprojekt, das auf die Bedürfnisse von Lernenden, Interessengruppen und Gesellschaften eingeht, um wissensbasierte MINT-Kompetenz, Erkenntnisse und Innovationen zu fördern und so Antworten auf globale Herausforderungen auf lokaler und individueller Ebene der Bürger:innen zu geben.

Netzwerke sind sehr ressourcenintensiv. Die (nach außen sichtbare) operative Koordination und die (meist unsichtbare) Pflege von Verbindungen und Beziehungen erfordern Investitionen in Form von Zeit und Geld, die weitgehend unterschätzt werden und für viele Netzwerke nicht in ausreichender Form und Höhe zur Verfügung stehen. Die Netzwerke der IDoS-Peers genießen zwar das Privileg, in den meisten Fällen gut etabliert und finanziell ausgestattet zu sein, sie waren und sind aber dennoch auf den Aufbau starker Partnerschaften, die Entwicklung solider Strategien und die Gewinnung von Unterstützung angewiesen, um den Umfang und die Wirkungen zu erreichen und zu sichern, die sie heute haben.

Wie bereits ausgeführt, brauchen Netzwerke Verbindungen und den Austausch von Werten wie Kompetenzen, Wissen oder Ressourcen (Plastrik et al., 2014). Bei der Entwicklung von Verbindungen innerhalb eines Netzwerks kommt es entscheidend darauf an, die Interessen und Agenden mit dem Ziel des Netzwerks in Einklang zu bringen. Außerdem ist es von entscheidender Bedeutung, diese Ausrichtung und dieses Engagement dauerhaft aufrechtzuerhalten, um langfristige, systemische Standpunkte und Aktionen im Sinne der Ziele des Netzwerks zu entwickeln. Vertrauen in die Fähigkeiten und Kompetenzen von Mitgliedern ist überaus wichtig, um gegenseitigen Respekt und die Anerkennung von Mitgliedern als wichtige Akteure im Netzwerk sicherzustellen. In einem gleichberechtigten Wirkungsnetzwerk sind alle Parteien als wichtige Akteure des Wandels (Agents of Change) engagiert, die ihren individuellen wertvollen Beitrag zum Netzwerk leisten.

Wie hier dargestellt wurde, ist es für ein Netzwerk wichtig, die erzielten Wirkungen zu artikulieren und mit Belegen zu untermauern, die über Anekdoten hinausgehen (Plastrik et al., 2014). Dies ist wichtig, um die angestrebten Ergebnisse zu identifizieren und zu kennen. Ebenso wichtig ist die Kenntnis der Prozesse, durch die sie erreicht werden, und die die Nachhaltigkeit, Widerstandsfähigkeit und Weiterentwicklung des Netzwerks, seiner Mitglieder und Aktionen für gemeinsame Ziele begründen. Aus diesem Grund bedarf es einer umfassenden Beobachtung und Bewertung der Entwicklung von Netzwerken und ihrer Funktionen, die es

ermöglicht, wissensbasierte Entscheidungen über Veränderungen oder Weiterentwicklungen zu treffen.

Ein Wirkungsnetzwerk basiert auf dem Lernen und dem umfassenden Wissen, den Erfahrungen und den Möglichkeiten von Aktionen, abgestimmten kollaborativen Bewegungen, um eine langfristige Wirkung zu erzielen und die Resilienz von Gesellschaften zu unterstützen, sowie auf angemessenen und effektiven Möglichkeiten für vorbeugende Maßnahmen und das Hochskalieren von Wissen und Wohlbefinden (Slaughter, 2017; Ehrlichman, 2021).

Alle Mitglieder im IDoS-Dialognetzwerk haben sich in dieser Publikation einem bestimmten thematischen Netzwerk zugeordnet (siehe Tabelle 2). In den ersten Schritten der Kollaboration zeigte sich jedoch bereits sehr deutlich, dass jeder Peer Anzeichen für Aktivitäten in allen fünf verschiedenen Netzwerktypen aufweist und sich an diesen beteiligt. Diese hängen von den Zielen und Schwerpunkten ab, die für ein effektives Arbeiten und das Erreichen der gesetzten Ziele erforderlich sind. Für IDoS bedeutet dies eine solide Grundlage, um durch eine Zusammenarbeit den Bedarfen in der MINT-Bildung aufseiten der Lernenden und der Gesamtgesellschaft zu begegnen (Aksela, 2019). Wie bereits dargelegt, sind die IDoS-Mitglieder der Ansicht, dass globale Entwicklungen und die sich daraus ergebenden Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Bildung am besten in einem Verbund mit anderen bewältigt werden können, in dem man Erfahrungen über Grenzen hinweg austauscht und voneinander lernt. Der systematische und regelmäßige Austausch von global verfügbarem Wissen und Praktiken zum Thema frühe MINT-Bildung in einer sich wandelnden Welt und kollektives Lernen sind entscheidende Faktoren, um auf globaler Ebene durch lokales Handeln „glokale“ Wirkungen zu erzielen.

In dieser Publikation wird die These aufgestellt, dass Wirkungsnetzwerke – wie die von den IDoS-Peers beschriebenen – zur Unterstützung der frühen MINT-Bildung eine wichtige Rolle dafür spielen, bei Kindern ein Verständnis für die komplexen, sich schnell verändernden Bedingungen der Welt zu fördern und ihre Handlungskompetenz zu stärken. Wenn solche Netzwerke erfolgreich sind, können sie eine Kultur der Nachhaltigkeit schaffen (siehe Chabay, 2022) und den dringenden Bedarfen der Gegenwart auf lokaler wie auf globaler Ebene begegnen, ohne die Bedarfe der Zukunft außer Acht zu lassen.

Danksagungen

Wir möchten uns bei den folgenden Personen bedanken, die Beispiele und Fallstudien beigesteuert oder diese Publikation begutachtet haben:

Prof. Dr. Maija Aksela, Direktorin des National LUMA Centre Finland, Fakultät für Naturwissenschaften, Universität Helsinki, Finnland

Nathalie Bauer, Consultant Research & Development, Stiftung Kinder forschen, Deutschland

Prof. Dr. Ilan Chabay, Research Institute for Sustainability Helmholtz Centre Potsdam (RIFS) Deutschland (ehemals Institute for Advanced Sustainability Studies); Co-Direktor, KLASICA 2.0: Knowledge, Learning, and Societal Change International Research Alliance

Jagori Dhar, Redakteurin, Siemens Stiftung, Deutschland

Lisa Gerloff, Referentin Forschung & Entwicklung, Stiftung Kinder forschen, Deutschland

Prof. Dr. Nina Kolleck, Professorin für Politische Bildung und Bildungssysteme, Universität Leipzig, Deutschland

Alexander Ruf, Referent für regionale Netzwerke, Stiftung Kinder forschen, Deutschland

Ein besonderer Dank gilt den Förderpartnern von IDoS, der Siemens Stiftung und dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD, gefördert aus Mitteln des Auswärtigen Amt), sowie den Organisationen Deutsche UNESCO-Kommission und OECD für ihre IDoS-Schirmherrschaft.

Literatur

- Aksela, M. (2019). Towards student-centred solutions and pedagogical innovation in science education through co-design approach within design-based research. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 7(3), 113-139. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.7.3.421>
- Baran, P. (1964). On Distributed Communications Networks. *IEEE Transactions on Communications Systems*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.1109/TCOM.1964.1088883>
- Chabay, I. (2022). Reconciling Risk, Resilience and Sustainability: Learning from Narratives. In M. Shimizu (Ed.), *A Resilience Approach to Acceleration of Sustainability Development Goals* (S. 43-57). Singapur: Springer.
- Ehrlichman, D. (2021). *Impact networks*. Oakland, CA, USA: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Fadel, C., Bialik, M., & Trilling, B. (2017). *Die vier Dimensionen der Bildung: Was Schülerinnen und Schüler im 21. Jahrhundert lernen müssen* (J. Muuß-Merholz, Trans.). Verlag ZLL21 e.V. (Original work published 2012).
- Freeman, B., Marginson, S., & Tyler, R. (2019). An International View of STEM Education. In A. Sahin & M. Schroeder (Eds.), *Myths and truths: What has years of K-12 STEM education research taught us?* (S. 350-363). Rotterdam, Niederlande: Brill.
- Gibson, H. (2021). *From Ideas to Action: Transforming Learning to Inspire Action on Critical Global Issues*. Washington, DC: Smithsonian Institution Scholarly Press. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.5479/si.15173715.v1>.
- Gibson, H., Short, M. E., & O'Donnell, C. (2023). Data, discourse, and development: Building a sustainable world through education and science communication. *Frontiers in Communication*, 8. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3389/fcomm.2023.981988>
- Hearn, S., & Mendizabal, E. (2011). *Not everything that connects is a network* (Background paper). London: Overseas Development Institute.
- Holley, J. (2012). *Network Weaver Handbook: A Guide to Transformational Networks*. Network Weaver Publishing.
- Kolleck, N. (2012). Vernetzt für den Wandel. Netzwerke im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung unter der Lupe. In: K. Schwippert, S. Kulin, K. Frank

- (Eds.), *Soziale Netzwerkanalyse und ihr Beitrag zur sozialwissenschaftlichen Forschung, Theorie – Praxis – Methoden* (S. 249-267). Münster: Waxmann.
- Kolleck, N., Bormann, I., de Haan, G., Kulin, S., & Schwippert, K. (2016) (Eds.): *Traditionen, Zukünfte und Wandel in Bildungsnetzwerken*. Münster: Waxmann
- Lee, H. (2022). *Building Networks & Enhancing Diversity in the K-12 STEM Teaching Workforce*. Washington, DC: Smithsonian Science Education Center. <https://ssec.si.edu/includes-sourcebook>
- Levine, C. (2015). *Forms: Whole, Rhythm, Hierarchy, Network*. New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-16.
- London in Monitor Institute (2015). *Engage: How Funders Can Support and Leverage Networks for Social Impact*. <https://engage.rockefellerfoundation.org> (abgerufen am 12. Oktober 2022).
- Lundell, J., Borde, B., Filtzinger, B., Hansen, H., Henke, N., Oberthür, J., O'Donnell, C., Pahnke, J., Pasquinelli, E., Sadadou, D., & Vogel, A.-C. (2023). Miten verkostot auttavat kannustamaan innovatiivisen varhaisen STEM-koulutuksen kehittämistä ja ammattimaistumista muuttuvassa maailmassa?. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 8(1), 60–95.
- O'Donnell, C. (2018). Science education, identity, and civic engagement: Empowering youth through the UN Sustainable Development Goals. In A. Rold (Ed.), *G7: The Executive Talk Series Global Briefing Report* (S. 108-116). Carlevoix, Canada: Diplomatic Courier. Verfügbar unter: <https://digital.thecatcompanyinc.com/g7magazine/june-2018/science-education-identity-civic-engagement/>
- O'Donnell, C., & Day, K. J. (2022). Teaching About Real-World, Transdisciplinary Problems and Phenomena through Convergence Education. *Smithsonian Magazine*. Verfügbar unter: <https://www.smithsonianmag.com/blogs/smithsonian-education/2022/07/25/teaching-about-real-world-transdisciplinary-problems-and-phenomena-through-convergence-education/>
- O'Donnell, C. L., D'Amico, A., Zoblotsky, T., & Alberg, M. (2017). *Results of the validation study of the Leadership and Assistance for Science Education Reform (LASER) model. Theories and Fundamentals of Inquiry Based Science Teaching*. Mexico City, Mexico: [Innovation in Science Education](#)

(INNOVEC). Verfügbar unter: http://innovec.org.mx/home/images/7-antologia_v2_digital-min.pdf.

OECD (2020). *Back to the Future of Education: Four OECD Scenarios for Schooling, Educational Research and Innovation*. Paris: OECD Publishing.

Pahnke, J., O'Donnell, C., & Bascopé, M. (2019). *Using Science to Do Social Good: STEM Education for Sustainable Development*. Positionspapier zur Vorbereitung auf den zweiten „International Dialogue on STEM Education“ (IDoS) in Berlin, 5. bis 6. Dezember 2019. Verfügbar unter: <https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/en/international-dialogue-on-stem-education/idos2019/position-paper>

Partnership Brokers Association (PBA) (2019) (Eds.). *Brokering Better Partnerships. By Investing in the Partnering Process* (Handbook) (2nd ed.). London: Partnership Brokers Association.

Plastrik, P., Taylor, M. and Cleveland, J. (2014). *Connecting to change the world*. Washington, USA: Island Press.

Powell, W.W. (1990). Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. *Research in Organizational Behaviour* 12, 295-336.

Reiss, K., & Filtzinger, B. (2023). *STEMplus: The Foundation of an Education in the 21st Century*. Siemens Stiftung. <https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/handle/10900/142911>

Rogers, P. (2014). *Theory of Change, Methodological Briefs: Impact Evaluation 2*. Florenz: UNICEF Office of Research.

Shumate, M., & Cooper, K. R. (2022). *Networks for social impact*. New York: Oxford University Press.

Slaughter, A.-M. (2017). *The chessboard and the web: Strategies of connection in a networked world*. USA: Yale University Press.

Snowden, D., & Boone, M. (2007). A leader's framework for decision making. *Harvard Business Review*, 85(11), 68-76.

Stiftung Haus der kleinen Forscher (2022). *Monitoring Report 2020/2021 of „Haus der kleinen Forscher“ Foundation*. Berlin: Stiftung Haus der kleinen Forscher. Verfügbar unter: <https://www.stiftung-kinder-forscher.de/de/wissenschaftliche-begleitung/ergebnisse-publikationen/monitoring-berichte>

United Nations General Assembly (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*.

<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/>
Veröffentlichung (abgerufen am 02. Februar 2018).

Vandor, P., Leitner, L., & Millner, R. (2020). *Impact-oriented networks in the context of philanthropy: an evaluation of the Bosch Alumni Network. Final Report*. Wien: Social Entrepreneurship Center, Vienna University of Economics and Business. Verfügbar unter: <https://www.iac-berlin.org/resources/how-to-measure-the-success-of-impact-oriented-networks>

Vandor, P., Leitner, L., Millner, R., & Hansen, H. (2019). *Addressing Grand Challenges Collectively: A Brief Introduction to Impact-Oriented Networks*. Wien: Social Entrepreneurship Center, Vienna University of Economics and Business. Verfügbar unter SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3472979>

What Works Clearinghouse (2021). *Leadership and Assistance for Science Education Reform (LASER): Intervention Brief Primary Science Topic Area*. Washington, DC: National Center for Education Evaluation at the Institute of Education Sciences (IES). Verfügbar unter: https://ies.ed.gov/ncee/wwc/Docs/InterventionReports/WWC_LASER_IR-brief.pdf