



## # 5 / 2016

# Scienze naturali e tecnologia: un must per la Svizzera

10.06.2016

### L'essenziale in breve

L'innovazione è la chiave del progresso. Una forte capacità d'innovazione è primordiale affinché la Svizzera possa preservare il proprio benessere e un ruolo di primo piano nella concorrenza internazionale. Il nostro paese ha bisogno di un'apertura alla ricerca e alle innovazioni tecniche e di un numero sufficiente di candidati nei settori della matematica, dell'informatica e della tecnica (MINT). Oggi, queste nuove leve non sono più garantite e la situazione potrebbe diventare ancora più tesa con la prevista limitazione dell'immigrazione. È necessario un nuovo modo di pensare per invogliare un numero maggiore di giovani a lanciarsi in questo tipo di formazione. Studi MINT di qualità dovrebbero motivare in seguito i futuri insegnanti a suscitare presso i giovani un certo interesse per queste materie. Per promuovere i settori MINT, l'attrattiva dei corsi di scienze naturali e di matematica dev'essere sviluppata a livello della scuola dell'obbligo. Il nuovo Piano di studi 21 fornisce numerose piste e questi sforzi devono essere attuati a livello liceale.

### Posizione di economieuisse

- Gli studi MINT a scuola devono essere rafforzati a tutti i livelli e concepiti in modo da essere attrattivi per tutti i ragazzi e adolescenti.
- Si tratta di proporre a tutti i livelli scolastici una formazione motivante della matematica, un'introduzione ai fenomeni delle scienze naturali nonché degli esperimenti ludici.
- Maggiore attenzione dev'essere concessa alla selezione, alla formazione e al perfezionamento di insegnanti motivati.
- Il Piano di studi 21 dev'essere sostenuto. Esso apporta netti miglioramenti nel settore MINT. La grande «disuguaglianza di genere» in materia deve diminuire.
- Gli ambienti politici e l'economia devono continuare a sostenere progetti efficaci di promozione dei settori MINT per farli conoscere meglio – nonostante la riduzione del budget dedicato a questo compito.

## L'essere umano e la tecnica: un rapporto complicato

→ La maggior parte dei grandi progressi della civilizzazione sono il frutto di scoperte scientifiche e di innovazioni tecniche. Gli inconvenienti dell'evoluzione tecnica sono stati tematizzati per la prima volta nell'era dell'industrializzazione. Anche in Svizzera, i lavoratori indigeni si sentivano minacciati.

### Dall'era della pietra alla potenza delle macchine

Dopo che l'uomo ha fabbricato i suoi primi strumenti circa 2,6 milioni di anni fa <sup>[1]</sup>, egli ha cercato di migliorare le proprie condizioni di vita ricorrendo alla tecnologia. La maggior parte dei grandi progressi della nostra civilizzazione sono dovuti a scoperte scientifiche e ad invenzioni tecnologiche: le civiltà avanzate dell'antichità non sarebbero immaginabili senza l'allevamento del bestiame, la coltivazione dei campi, l'architettura, la ruota, la scrittura, le tecniche d'irrigazione e la navigazione. Tuttavia, questa evoluzione permanente è spesso stata frenata nel corso dei secoli, in particolare da divieti religiosi. Fino all'era dell'industrializzazione, il rapporto dell'uomo con la tecnica era spesso contrassegnato dalla speranza di una vita migliore.

All'inizio del 19<sup>o</sup> secolo, la moltiplicazione delle ciminiere che emanavano del fumo e lo sviluppo del «lavoro a catena» hanno tuttavia provocato una prima svolta. Non è un caso se l'inizio dell'industrializzazione è coinciso con l'età del romanticismo. Il contrasto tra la natura originale e la tecnologia distruttrice degli esseri umani è stato messo in risalto. Nel suo romanzo *Les Années d'apprentissage de Wilhelm Meister* apparso nel 1821, Goethe esprime ciò che preoccupava un gran numero dei suoi contemporanei. «L'invasione della macchina mi tormenta e mi preoccupa, si abbatte su di noi come un uragano (...)». La paura della tecnica ritenuta come una minaccia esistenziale poteva anche trasformarsi in violenza, come la «guerra contro la macchina» lo ha dimostrato in vari paesi europei. In Svizzera, dei lavoratori indigeni avevano distrutto l'azienda di filatura e tessitura meccanica Corrodi & Pfister a Oberuster nell'Oberland zurighese.

→ Verso la fine del 19o secolo, la ferrovia, l'automobile e i battelli a vapore sempre più rapidi hanno provocato una reale euforia tecnologica nel mondo, che è stata tuttavia mitigata dalla guerra. Un atteggiamento ambivalente nei confronti delle opportunità e dei rischi dell'evoluzione tecnologica, ma anche il benessere, impediscono a numerosi giovani di proiettarsi nel settore MINT.

### Euforia del progresso e ostilità nei confronti della tecnologia

Verso la fine del secolo, si è prodotto un cambiamento di mentalità radicale. Un'euforia tecnologica ha preso piede presso la popolazione europea. Si chiedevano treni sempre più veloci, le prime auto, audaci linee di montagna sulle Alpi e grandi battelli commerciali. Questo vento innovativo ha cominciato a indebolirsi nel 1912, quando il Titanic ha urtato un iceberg. Il suo naufragio ha segnato la scomparsa di un transatlantico che simbolizzava come nessun altro il trionfo della macchina <sup>[2]</sup>. Gli avvenimenti traumatici delle due guerre mondiali hanno in seguito avuto degli effetti ancora più radicali, poiché alcune invenzioni tecniche erano allora servite per la prima volta per distruggere milioni di vite umane. Le critiche nei confronti della tecnologia provenienti prima di tutto dagli Europei durante il periodo del dopoguerra <sup>[3]</sup> si sono scontrate fortemente con la velocità con la quale le invenzioni come il frigorifero o la televisione si sono diffusi negli anni '50.

Da allora, lo scetticismo nei confronti delle novità non è mai completamente scomparso. Nonostante il trionfo dei computer e degli smartphones, esso è stato regolarmente alimentato – ad esempio a seguito della catastrofe di Chernobyl (1986). Da allora, numerose persone hanno un rapporto per lo meno ambivalente con la scienza e la tecnica: essi sono affascinati dalle nuove scoperte nello spazio e

dalle possibilità offerte dai tablet informatici dell'ultima generazione ma preoccupati per i potenziali effetti dell'ingegneria genetica, dell'intelligenza artificiale o della nanotecnologia per l'uomo.

Per i giovani di oggi, appare meno evidente proiettarsi in questo settore di conoscenze rispetto alle generazioni precedenti. Questo è piuttosto sorprendente se si considera il modo con il quale la digitalizzazione e l'automatizzazione hanno modificato radicalmente la società e il mondo del lavoro. Come attesta lo studio internazionale Rose («The Relevance of Science Education»), questa situazione si spiega in particolare con il crescente benessere: quando i bisogni materiali di una società sono coperti, la disposizione ad impegnarsi in un percorso di formazione di lunga durata tende a diminuire. Questo si riflette anche nella popolarità comparativamente debole dei settori MINT (matematica, informatica, scienza e tecnica) a scuola.

→ Una penuria durevole di ingegneri, informatici e tecnici sarebbe fatale per un paese innovativo come la Svizzera.

### Manca un avvicendamento per le professioni tecniche

Per un'economia come la Svizzera, il cui successo dipende ampiamente dall'innovazione e dal progresso tecnico, questo scetticismo o questa indifferenza nei confronti del settore MINT sono estremamente problematici. Da un certo tempo, si costata una penuria di manodopera nella maggior parte delle professioni tecniche – le persone formate in Svizzera non bastano di gran lunga a coprire la forte domanda. Nel settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, questo fenomeno è sistematicamente analizzato da alcuni anni. In 25 anni, il numero delle persone attive in questo settore è cresciuto quattro volte più in fretta del numero totale dei lavoratori in Svizzera. Secondo le ultime stime, entro il 2022 saranno necessari oltre 80'000 specialisti nel settore TIC, in particolare degli sviluppatori di software. Il numero dei diplomi ottenuti in questo settore è certo aumentato recentemente, ma non abbastanza per colmare la penuria che deriverà da una limitazione dell'immigrazione voluta da una maggioranza di Svizzeri. Bisognerà allora contare su una penuria di 30'000 specialisti nel settore TIC <sup>[4]</sup>.

Fare una previsione in ambito di materie MINT è difficile, ma indipendentemente dagli indicatori utilizzati, gli indici segnalano chiaramente che il problema continuerà ad accentuarsi. Per questo il Consiglio federale ha lanciato dopo il 2011 un'iniziativa tendente a combattere la penuria di personale qualificato.

I risultati di uno studio condotto nel 2014 su mandato della Segreteria di Stato dell'economia (Seco) sono eloquenti per tre dei gruppi di professioni del settore MINT (il settore delle scienze naturali non è stato presentato in quanto gruppo di professioni distinto).

#### Tabella 1

La quota delle donne nelle professioni MINT classiche, in particolare, cela ancora un forte potenziale di crescita.

### Penuria di manodopera nei settori professionali MINT

	Ingegneri	Tecnici	Informatici
Numero di collaboratori	94'000	57'000	97'000

	Ingegneri	Tecnici	Informativi
Percentuale nelle professioni potenzialmente toccate da una penuria di manodopera	60%	89%	51%
Quota femminile nel settore professionale	11%	7%	13%

Questa tabella rivela da una parte che esiste un problema di avvicendamento acuto in ognuno dei tre settori. Essa mostra inoltre dove il potenziale è ancora lungi dall'essere pienamente sfruttato, ossia nel settore femminile. Un'occhiata alla statistica sulla formazione mostra che le cose non sono in grado di cambiare così rapidamente. La percentuale delle donne nei settori MINT delle università e delle scuole universitarie professionali è certo passata dal 24 al 30% tra il 2002 e il 2010, ma da allora è rimasta invariata<sup>[5]</sup>. Questa «disuguaglianza di genere» non è tuttavia iscritta nella pietra. In Italia e in Francia, ad esempio, la quota delle donne nei settori MINT è nettamente più elevata che in Svizzera. È dunque possibile agire.

→ **La tecnica viene da tempo considerata come un settore maschile. Un cambiamento di mentalità è certamente avvenuto, ma la Svizzera è indietro rispetto ad altri paesi.**

### **La tecnica, un settore riservato agli uomini?**

La presenza insufficiente di manodopera femminile nelle professioni tecniche si spiega per diverse ragioni. Nei paesi occidentali, le professioni manuali sono tradizionalmente svolte innanzitutto dagli uomini. Non sorprende dunque che il grande pubblico abbia fino a poco tempo fa percepito l'ingegneria e il progresso tecnico (con la sua frequente vicinanza all'industria degli armamenti) come dei settori tipicamente maschili. I simboli d'identificazione sono quasi esclusivamente maschili. Queste condizioni quadro sociali non erano favorevoli a facilitare l'accesso delle donne alle formazioni MINT e continuano ad avere degli effetti<sup>[6]</sup>.

Il 64% dei ragazzi, ma soltanto il 40% delle ragazze hanno indicato che la loro famiglia aveva suscitato il loro interesse per la tecnica. I padri e i nonni sono sistematicamente stati citati come modello in questo settore. La differenza tra i sessi è particolarmente sorprendente per quanto concerne la valutazione delle rispettive competenze tecniche.

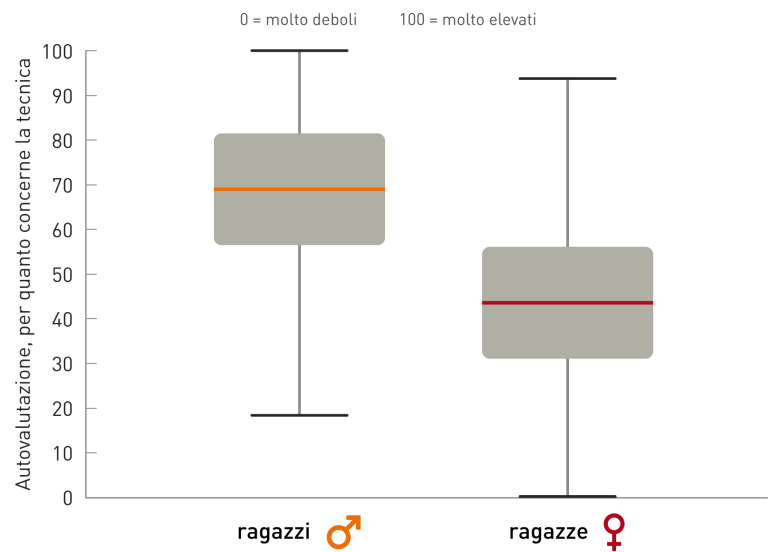
La tabella è la stessa per quanto concerne la popolarità dei settori MINT nei licei. La fisica e le scienze naturali sono materie particolarmente apprezzate dai ragazzi. Le ragazze per contro pongono la fisica all'ultimo posto della classifica. I divari sono deboli per quanto concerne la matematica: essa è mediamente altrettanto impopolare tra le ragazze e i ragazzi. Questa classifica non è variata nel corso degli ultimi 30 anni e si riflette nei risultati: non si riscontrano così tante note insufficienti in nessun altro settore come in quello della matematica.

**Grafico 1**

→ Una netta differenza si è costata tra uomini e donne quando si tratta di valutare le rispettive competenze tecniche: Il valore mediano dei ragazzi interrogati è di 69 punti, contro 44 per le ragazze.

**Autovalutazione degli alunni e delle alunne svizzere**

dal 7° al 9° anno, per quanto concerne la tecnica, 2012



Fonte: «Barometro delle giovani leve MINT»

→ Il fatto che la Svizzera abbia ottenuto risultati meno buoni rispetto alla media dei paesi dell'OCSE durante i primi test PISA realizzati nel 2000 è stato un segnale d'allarme per la politica della formazione.

## Indispensabile promuovere i settori MINT

### I test PISA hanno dato luogo ad una presa di coscienza

Per molto tempo, questa situazione è stata percepita con più o meno indifferenza. Le inchieste PISA (Programme for International Student Assessment) realizzate per la prima volta nel 2000 hanno lanciato un segnale d'allarme. Le prestazioni delle scolare e degli scolari svizzeri nel settore della lettura e delle scienze naturali si erano perfino rivelate inferiori alla media dei paesi dell'OCSE. Questa constatazione è stata piuttosto malvista dal nostro paese dai salari elevati e fiero del proprio sistema di formazione. I test PISA offrono certamente solo una panoramica limitata delle competenze dei nostri studenti, ma hanno posto in evidenza la necessità di agire. Un paese come la Svizzera, con un'economia così dipendente dall'innovazione e dal know-how tecnico, deve evidenziarsi ampiamente dalla media dell'OCSE a lungo termine e cercare di allinearsi ai migliori del mondo. La politica della formazione ha preso sul serio questi risultati e attribuisce ora maggior peso a queste materie. Il successo non si è fatto attendere: dal 2003, le medie dei risultati PISA in Svizzera sono ampiamente superiori alla media dell'OCSE, almeno da un punto di vista statistico, anche se rimane ancora un margine di progressione. I risultati in matematica sono particolarmente rallegranti, poiché la Svizzera figura ora nel plotone di testa.

### Grafico 2

→ Il successo non si è fatto attendere: dopo il 2003, le medie dei risultati PISA in Svizzera sono ampiamente superiori alla media dell'OCSE.

### Risultati medi della Svizzera e dei paesi dell'OCSE in occasione dei test PISA (studenti e studentesse dai 15 anni)

In grassetto: valori ampiamente superiori alla media dell'OCSE.

		Lettura	Matematica	Scienze naturali
2000	CH	494	529	496
	OCSE	500	500	500
2003	CH	<b>499</b>	<b>527</b>	<b>513</b>
	OCSE	494	500	500
2006	CH	<b>499</b>	<b>530</b>	<b>512</b>
	OCSE	492	498	500
2009	CH	<b>501</b>	<b>534</b>	<b>517</b>
	OCSE	493	497	501
2012	CH	<b>509</b>	<b>531</b>	<b>515</b>
	OCSE	496	494	501

Fonte: Risultati PISA dal 2000 al 2012

→ A seguito del rapido cambiamento tecnologico, la Svizzera deve investire maggiormente nella promozione dei settori MINT. L'interesse per la tecnica e le scienze dev'essere catturato già dalla scuola elementare, e tenuto vivo in seguito.

### Maggiori esigenze professionali

Oltre ai risultati dei test PISA, i numerosi appelli ed iniziative dell'economia hanno raggiunto il loro scopo. Oggi, è in generale incontestato che le competenze MINT e le formazioni professionali corrispondenti devono essere sviluppate. Lo Stato si mobilita a favore di questa causa, le università e le scuole universitarie professionali hanno reagito e la problematica è regolarmente presente nei media. Con il cambiamento tecnologico onnipresente e la digitalizzazione, la Svizzera non può evidentemente permettersi di trascurare la promozione per trovare nuove leve in

questo settore. Di fatto, è in gioco il mantenimento a lungo termine della piazza industriale e d'innovazione elvetica. Non basta difendere lo status quo, poiché le esigenze poste dall'economia agli specialisti MINT aumentano continuamente. Oggi, il livello di competenze richiesto nella maggior parte delle professioni tecniche è nettamente più elevato rispetto a dieci anni fa. Le attività nell'industria -- ad esempio polimeccanici, operatori in automazione, elettronici o sviluppatori di software -- sono diventate più esigenti, poiché i compiti sono ora maggiormente diversificati e complessi. I giovani devono dunque disporre di eccellenti competenze nelle materie MINT per poter effettuare con successo un apprendistato impegnativo. E queste esigenze non si limitano più alle professioni industriali. Oggi, ci si attende dagli impiegati di commercio che sappiano gestire in maniera autonoma un sito Internet e delle applicazioni informatiche sono utilizzate in numerose professioni manuali.

La tendenza è chiara: in futuro, l'importanza dei settori MINT si rafforzerà per un numero crescente di professioni. Dal momento che è molto raro che l'interesse per i temi scientifici si sviluppi solo in età adulta, si tratta di suscitare un interesse già nella scuola elementare. Le condizioni per farlo ci sono: si può affermare quasi con certezza che praticamente tutti gli scolari dei primi anni scolastici trovano le operazioni di calcolo appassionanti e che sono affascinati dagli esperimenti di chimica semplici. Inoltre, risolvono volentieri un problema mediante il computer. Questi bambini non mostrano sfiducia o un'ostilità verso la tecnica. A livello di scuola elementare e media, la sfida consiste nel favorire questa curiosità e nel coltivare l'interesse per i temi MINT fino all'età adulta.

→ In Svizzera, sono state lanciate numerose iniziative tendenti a rendere le formazioni MINT più popolari. La Confederazione sostiene questi sforzi nell'ambito del programma «MINT Suisse»

## Esempi di una promozione riuscita dei settori MINT

### Esistono numerosi approcci validi

In Svizzera, sono state lanciate numerose iniziative tendenti a rendere le formazioni MINT più popolari. La promozione dei settori MINT figura nell'agenda politica di diversi cantoni (Troverete un riassunto qui), e anche le scuole universitarie professionali nonché le università si mobilitano. La Confederazione sostiene questi sforzi dal 2014 attraverso le accademie svizzere delle scienze (principalmente SATW e SCNAT) nell'ambito del programma «MINT Suisse», che sostiene vari progetti e organizza degli avvenimenti. Science et Cité, una fondazione partner delle accademie, propone in particolare dei campi di vacanza scientifici, dei forum e dei laboratori per gli studenti nonché delle esposizioni. Con il suo centro di formazione e di consulenza per l'insegnamento dell'informatica e delle materie MINT, la Scuola politecnica sostiene l'offerta di apprendistato scolastico attraverso iniziative proprie. L'economia ha anch'essa lanciato e sostenuto diversi programmi. Presentiamo brevemente di seguito alcuni progetti MINT coronati dal successo.

### RobOlympics

L'Alta scuola tecnica di Rapperswil (HSR) organizza da 14 anni i RobOlympics: un week-end durante il quale degli studenti del grado secondario I e II della Svizzera e della Germania hanno l'occasione di interagire in maniera ludica con dei robots e di affrontarsi nel corso di alcune prove. Le squadre costruiscono dei robots con degli elementi della Lego identici e li programmano essi stessi prima di compiere in diverse categorie i compiti imposti in maniera rapida o efficace, secondo gli ordini. I robots devono essere riprogrammati per ciascuna delle discipline della competizione e adattati ad un nuovo ambiente. L'accento è chiaramente posto sul divertimento e non forzatamente sulla competizione. Gli organizzatori ci tengono molto affinché i partecipanti scambino le loro esperienze e si diano dei consigli durante le prove. Creando questa manifestazione molto popolare, la HSR intende sviluppare l'amore per la tecnica presso i giovani e contribuire così a garantire un avvicendamento nel settore degli ingegneri. La manifestazione è sostenuta anche da «MINT Suisse».

### explore-it

explore-it è un progetto di ricerca e di sviluppo lanciato oltre dieci anni fa dall'Alta Scuola Pedagogica del Vallese (HEPVS) e dalla Scuola universitaria professionale della Svizzera del Nord-Ovest (PH FHNW). L'idea è la seguente: gli insegnanti sono dotati di materiale adatto per i ragazzi (a partire dal quarto anno) e che permette di esplorare dei principi tecnici di base. I kits possono essere ordinati ad un prezzo vantaggioso presso l'associazione. Si tratta di costruire un oggetto semplice, ad esempio un impianto per produrre energia eolica o un aereo a propulsione. Dei kits speciali sono proposti durante la giornata d'azione o dei



progetti pilota extrascolastici. Dei corsi di perfezionamento destinati agli insegnanti sono proposti nelle scuole o nelle imprese. L'obiettivo di explore-it è quello di sviluppare la passione della tecnica nei ragazzi tra i 9 e i 12 anni. Il progetto è sostenuto dall'associazione «Gioventù ed economia».

### **SimplyScience**

SimplyScience è una fondazione che spiega ai ragazzi tra gli 8 e i 18 anni il mondo affascinante delle scienze naturali e della tecnica. Questa piattaforma Internet propone delle storie divertenti, dei giochi, dei concorsi e delle esperienze dedicate alla tecnica e ai fenomeni naturali, sotto una forma adeguata alle varie fasce d'età. I ragazzi e gli adolescenti imparano ad esempio perché gli orsi polari non soffrono il freddo, come fabbricare una e-guitare, che cos'è una Fata Morgana o come la robotica si ispiri al mondo degli animali. Essa presenta inoltre le professioni MINT agli adolescenti e un calendario informa sulle giornate di stages o d'informazione. Diversi strumenti didattici per un insegnamento scolastico delle scienze basato sulla pratica sono messi a disposizione dei docenti. SimplyScience opera in stretta collaborazione con le associazioni professionali, ma anche con le riviste per la gioventù e i musei. Questa iniziativa lanciata nel 2008 dall'associazione economica scienceindustries è pure sostenuta dal Dipartimento federale dell'economia.

### **tunSchweiz**

La fondazione tunSchweiz coordina le attività delle associazioni Swissmem e swissT.net nonché di numerosi partner regionali per suscitare nei bambini e negli adolescenti un certo interesse per le scienze naturali e la tecnica. Essi sostengono una o più volte all'anno un grande atelier intitolato «tun» (agire in tedesco) nell'ambito di una grande fiera a Berna, Zurigo, Basilea o nella Svizzera orientale. In questo contesto, delle classi o dei ragazzi accompagnati dai loro genitori hanno l'occasione di realizzare delle esperienze appassionanti nei settori MINT. L'offerta comprende diversi atelier ed esperienze organizzate in collaborazione con le università e gli istituti di ricerca o attraverso le imprese. Formazioni continue complementari e atelier di discussione sono proposti agli insegnanti e alle persone interessate.

### **NaTech Education**

Questa associazione si impegna a favore della promozione delle scienze naturali e di una migliore comprensione della tecnica ai gradi primario e secondario I. Essa sostiene l'elaborazione di materiale pedagogico specialmente destinato alle scuole elementari e si mobilita affinché gli obiettivi educativi che contribuiscono alla comprensione della tecnica e delle scienze naturali siano iscritti nel piano di formazione. Le giornate tecniche destinate al grado primario, le settimane tecniche proposte nelle alte scuole pedagogiche o ancora l'esposizione itinerante «Achtung Technik Los!» per le scuole del grado secondario I organizzata da NaTech Education in collaborazione con le scuole superiori specializzate, le scuole tecniche e i centri di formazione incontrano grande successo.

**IngCH: Engineers Shape our Future**

Lo scopo dell'associazione IngCH costituita nel 1987 è quello di sensibilizzare il pubblico sull'importanza cruciale della tecnica per l'economia, la cultura e la politica e di far nascere nei giovani un interesse per una formazione da ingegnere. Per poterlo fare, IngCH organizza ogni anno circa 40 giornate tecniche e d'informazione nei licei di tutta la Svizzera, alle quali partecipano circa 1500 scolari e scolare, delle «giornate tecniche per le ragazze» destinate alle studentesse del secondario nonché l'esposizione itinerante «Achtung Technik Los!» (in cooperazione con NaTech Education). IngCH sostiene l'emissione interattiva «The Ing Thing» della rete televisiva per la gioventù Joiz e propone inoltre delle sedute informative ai consulenti in orientamento professionale.

**i-factory**

Nell'ambito dell'esposizione permanente «i-factory» del Museo dei trasporti di Lucerna, i privati e le classi di studenti hanno l'occasione di familiarizzarsi in maniera ludica con il settore dell'informatica. I visitatori possono destreggiarsi con le tecniche di base come la codificazione, lo smistamento o la pianificazione di procedure, mentre dei film e delle animazioni su computer mostrano le applicazioni concrete utilizzate nel mondo reale, in particolare nel campo dei trasporti.

→ **Bisogna coordinare ancora meglio i numerosi approcci che funzionano e farli conoscere.**

**Punti comuni: sperimentare e imparare giocando**

È opportuno far conoscere meglio gli strumenti esistenti e, se possibile, coordinarli. Tutti gli approcci sono promettenti e cercano di suscitare l'interesse dei giovani per i temi MINT attraverso il gioco. È una condizione indispensabile in alcuni settori MINT, in particolare per quanto concerne la matematica, si è constatato che il piacere di imparare diminuisce in maniera drastica quando le esperienze ludiche vengono sostituite dalla materia da imparare in vista di un esame. Invece di imparare nuove cose, si passa ad un modo «giusto o sbagliato», ciò che rafforza le note che puniscono la prestazione. Ogni persona per la quale la matematica non è più un processo di scoperta fatto con curiosità, ma un'integrazione laboriosa di ragionamenti estranei, perde rapidamente la voglia di partecipare e di approfondire [7].

È dunque importante lasciare sufficiente posto al piacere di sperimentare mediante esercizi e forme di apprendimento aperte (lavori pratici o collaborativi invece di un insegnamento puramente frontale) anche ai livelli d'insegnamento superiori. Uno studio condotto a lungo termine dall'Università di Monaco ha recentemente dimostrato che, in particolare per la matematica, l'insegnamento applicato e la motivazione svolgono chiaramente un ruolo molto importante rispetto all'intelligenza individuale per il successo accademico [8].

Non è dunque sorprendente che il presente dossierpolitica esamini altri approcci tendenti a promuovere i settori MINT, che accordano un'importanza particolare all'insegnamento della matematica a tutti i livelli.

→ **Tutte queste misure pongono il ragionamento MINT al centro: identificare e definire dei problemi, valutare delle possibilità e, infine, trovare una soluzione, controllarla e migliorarla.**

**Come trasmettere un ragionamento MINT?**

Un elemento centrale di ogni promozione dei settori MINT che dev'essere trasmesso ai giovani è il modo di ragionamento che sottintende questi settori. Questo presuppone dapprima di identificare e definire dei problemi e delle domande. In altre parole, si tratta di formulare precisamente la problematica fondamentale. Secondo, occorre cercare una soluzione mediante la sperimentazione e utilizzando degli strumenti e dei metodi scientifici. In seguito, terzo, la soluzione dev'essere controllata e se necessario corretta. Infine, è importante comunicare la soluzione sviluppata in maniera comprensibile – in modo da convincere un interlocutore dell'adeguatezza della soluzione.

## Piste per rafforzare la promozione dei settori MINT

→ I vari settori e moduli del nuovo Piano di studi 21 offrono numerose possibilità per promuovere sistematicamente i settori MINT.

→ Un insegnamento moderno della matematica pone le basi che permetteranno più avanti di affrontare i MINT. Gli allievi devono riconoscere nella matematica una disciplina necessaria e utile per tutta la vita.

### Le proposte del Piano di studi 21

Nonostante tutti gli sforzi profusi dagli ambienti politici ed economici per rafforzare le formazioni MINT e i notevoli successi ottenuti, l'obiettivo è stato solo parzialmente raggiunto: la quota delle donne nei cicli di studio MINT non aumenta ed è poco probabile che la penuria di manodopera specializzata nei MINT possa essere attenuata da un aumento del numero di studenti. Cosa fare per meglio promuovere queste materie?

Per quanto concerne i temi MINT, l'attuale riforma del piano di studi offre grandi opportunità che bisogna cogliere. Il Piano di studi 21, primo piano di studi comune delle scuole obbligatorie di tutti i cantoni germanofoni e multilingue, si focalizza su competenze che gli alunni dovrebbero poter acquisire. Il sapere non deve semplicemente essere immagazzinato, deve soprattutto poter essere applicato in maniera interdisciplinare. Questo concetto è giudizioso, soprattutto per la comunicazione di temi.

### Settore della matematica

Il nuovo piano di studi promuove un insegnamento moderno della matematica, in relazione alla realtà e che accorda grande spazio allo studio individuale dei principi matematici e geometrici: «L'insegnamento della matematica sviluppa le capacità necessarie per riconoscere le relazioni di causa ad effetto e i fatti regolari, eseguire delle operazioni, favorire l'agilità di spirito, innalzare il ragionamento a livello dell'astrazione e incoraggiare il pensiero logico ed analitico. Questo presuppone lo sviluppo delle capacità individuali di analisi e il rafforzamento delle capacità di riflessione e di giudizio allo scopo di risolvere i futuri problemi»<sup>[9]</sup> Per tutte le formazioni professionali o quasi, e in particolare per le professioni MINT, queste capacità sono essenziali. Ma un buon insegnamento della matematica si distingue anche per il fatto che esso permette agli allievi di mettere in relazione la teoria con la realtà e che si adatta al loro livello rispettivo di conoscenze e competenze. I mezzi pedagogici elaborati nel corso di questi ultimi anni pongono di conseguenza l'accento sullo svolgimento di compiti matematici detti «sostanziali», vale a dire dei compiti che possono essere svolti in funzione dei diversi livelli di competenze. Questo permette di evitare che degli studenti si ritrovino completamente demotivati perché la matematica diventa troppo difficile o, al contrario, perché non sono sufficientemente sollecitati. Il Piano di studi 21 vuole incitare gli allievi a pensare da soli, a riconoscere degli schemi e a cercare nuove possibilità di soluzione. L'obiettivo è di indurli a confrontarsi intensamente a questioni e ragionamenti di matematica che vadano al di là del mondo astratto delle cifre. Gli allievi devono riconoscere nella matematica una disciplina utile e necessaria per tutta la vita. Nell'insegnamento, potrebbe essere utile ad esempio utilizzare le conclusioni della matematica applicata per apprendere i meccanismi economici. Il calcolo delle probabilità mostra ad esempio le opportunità di guadagnare la lotteria e il ritorno

→ **La voglia di verificare e comprendere i fenomeni naturali e tecnici deve figurare al centro dell'insegnamento NHS, ma deve anche essere trasmessa ad altre discipline.**

→ **Nel settore delle arti, il nuovo piano di studi prevede la trasmissione di numerose competenze in relazione ai materiali, la meccanica, la pianificazione e la costruzione.**

→ **Numerosi ragazzi conoscono l'informatica in quanto consumatori di giochi video o in quanto internauti. Il modulo «Media e informatica» del piano di studi deve mostrare loro in alcune tappe che anche la programmazione può essere appassionante.**

su investimento delle modeste somme investite.

Il passaggio dal calcolo semplice all'astrazione rappresenta una tappa delicata nell'insegnamento della matematica. Occorre concedergli particolare attenzione se si vuole evitare che degli studenti si arrendano proprio in quel momento.

### **Settore della natura, dell'uomo e della società (NHS)**

Nel Piano di studi in oggetto, le scienze naturali e la tecnica trovano posto nel settore più vasto della natura, dell'uomo e della società. I principi pedagogici sono comparabili a quelli del settore della matematica: «L'insegnamento delle scienze naturali deve permettere di comprendere meglio i fenomeni della quotidianità e della tecnica e di spiegare delle esperienze personali con l'ambiente.»<sup>[10]</sup> Non si sottolineerà mai abbastanza l'importanza della sperimentazione attraverso il gioco per familiarizzarsi con le scienze naturali e la tecnica. Un buon insegnamento dovrebbe tuttavia superare il semplice esercizio di analisi, di comprensione e di ragionamento e cercare di affascinare i ragazzi. O, quando questa attrazione è già presente, cercare di rafforzarla. Il nuovo piano di studi permette anche di insegnare le scienze naturali e la tecnica in maniera interdisciplinare. Ciò rende queste materie ancora più attrattive per gli allievi.

### **Settore delle arti**

Se il settore delle arti non fa parte dei MINT nel senso tradizionale del termine, non è tuttavia meno importante per la promozione dei MINT. In questo settore, i ragazzi scoprono tutta una serie di materiali e di strumenti e cercano di risolvere dei problemi concreti di produzione e di tecnologia. Nel sottosettore della creazione visiva, il nuovo piano di studi prevede la trasmissione di numerose competenze nei settori della costruzione, dei materiali e degli strumenti. Nel sottosettore del tessile e della creazione tecnica, il piano di studi prevede l'acquisizione di competenze come lo sviluppo di idee di prodotto, la realizzazione di queste idee mediante piani e modelli, la comprensione delle tecniche di costruzione o la produzione di energia.

### **Modulo «Media e informatica»**

Contrariamente alle sue versioni precedenti, il piano di studi 21 tiene conto in maniera appropriata dell'informatica nel modulo «Media e informatica». Secondo il piano di studi, gli allievi devono comprendere le basi dell'informatica e poterle applicare in maniera mirata per risolvere dei problemi. Gli studenti devono anche poter utilizzare l'informatica come strumento di aiuto all'apprendimento e alla comunicazione, anche nell'ottica del suo ulteriore utilizzo nel mondo del lavoro. L'abilità digitale guadagnerà importanza nella formazione, la ricerca e l'innovazione. Nel settore dei «big data», le competenze statistiche ed analitiche

sono sempre più richieste. Occorre assolutamente che questo modulo sia effettivamente integrato nei piani di studio cantonali e che sia oggetto del corso. È necessario cambiare prospettiva degli allievi e passare dal puro consumo (ad esempio giocare o surfare) alla produzione e alla creazione individuale. Nel piano di studi 21, l'informatica è rivalutata. Il piano di studi prevede che essa debba essere insegnata separatamente e non in maniera più o meno facoltativa nella formazione ai media. L'obiettivo è di sviluppare la capacità a risolvere dei problemi. Nell'ambito di esercizi semplici, è possibile mostrare agli allievi che la programmazione non è una stregoneria e che delle conoscenze anche solo rudimentali permettono già di ottenere dei buoni risultati.

→ **Le persone che conoscono le possibilità professionali e i loro centri d'interesse sono poco inclini a lanciarsi nelle formazioni MINT, reputate difficili. Da qui l'importanza del modulo «Orientamento professionale» per la promozione dei MINT.**

→ **Se delle nuove materie vengono introdotte nell'ambito del nuovo piano di studi, l'insegnamento della matematica non deve essere sacrificato a vantaggio di queste ultime.**

→ **L'insegnamento della matematica nei licei deve avvicinarsi alla realtà e mettere in luce l'utilità di questa materia.**

### **Modulo «Orientamento professionale»**

Gli allievi non devono soltanto imparare a confrontarsi personalmente con il mondo del lavoro. Devono anche imparare a conoscere il sistema svizzero della formazione. Le persone che conoscono i loro centri d'interesse e le loro competenze e che sono al corrente delle numerose possibilità di formazione, compresa la formazione continua, non sceglieranno il percorso più facile ma opteranno probabilmente per la via più ardua di una formazione MINT. Per questo il modulo della formazione professionale dev'essere dotato di un numero di ore sufficiente.

### **Misure di promozione dei settori MINT a tutti i livelli scolastici**

Nel 2012 è stata introdotta la nota separata dei rami delle scienze naturali (fisica, chimica, biologia) per la maturità, aumentando nel contempo la loro importanza nei licei. In numerosi licei, sono state aperte classi MINT specifiche (Cf. ad esempio in Kőniz). Nel corso di questi ultimi decenni, la scuola pubblica è stata teatro di un movimento in senso contrario. Il piano delle materie è stato al centro di alcune novità, tra cui l'apprendimento di una seconda lingua straniera. Alcuni contenuti sono stati ridotti altrove, ad esempio in matematica. Alcuni cantoni, ad esempio Berna, intendono reintrodurre nuovamente le ore d'insegnamento di matematica per permettere di inserire i nuovi moduli previsti dal piano di studio. È un errore. La matematica offre le basi indispensabili per apprendere gli altri settori MINT. Bisogna assicurarsi a tutti i livelli della scolarità, dalla scuola pubblica al liceo, che le ore d'insegnamento nei settori MINT tendano ad aumentare e non il contrario. L'attrattività dell'insegnamento a tutti i livelli scolastici dipende inoltre anche dai mezzi pedagogici utilizzati. Questi mezzi devono facilitare l'accesso ai settori MINT in maniera ludica e gettare dei ponti con la quotidianità. Nell'ambito della revisione in corso del piano di studi, numerosi mezzi pedagogici devono in ogni caso essere riesaminati. È un'occasione da non perdere. Contemporaneamente, le formazioni e le formazioni continue nelle Alte Scuole Pedagogiche devono orientarsi ad un'applicazione mirata e scientifica del Piano di studi 21.

### **Rivedere l'insegnamento della matematica nei licei**

Numerosi liceali ottengono una nota insufficiente in matematica durante gli

esami di maturità. La matematica viene insegnata da persone diplomate in matematica che non hanno mai avuto problemi in questa materia per tutta la loro scolarità e nel corso dei loro studi. Queste persone non hanno mai avuto bisogno di corsi fondati su basi pedagogiche solide per comprendere la materia, e non è stato necessario presentare loro delle applicazioni concrete per motivarli. Sarebbe questa la ragione per la quale tanti giovani ottengono note insufficienti in matematica nei nostri licei, nonostante la selezione severa che vi si opera? Di fatto, se l'insegnamento della matematica fosse buono e se l'utilità del settore venisse evidenziata, la maggior parte degli allievi riuscirebbero a seguirlo. Da qui la seguente domanda: per quale motivo l'insegnamento della matematica nei licei non viene impartito da informatici, ingegneri o da economisti? Questi insegnanti non sarebbero più idonei a gettare dei ponti con la pratica e a rendere la matematica più comprensibile? Per i giovani insegnanti, l'insegnamento della matematica dovrebbe non essere subito, ma vissuto con piacere.<sup>[11]</sup>

→ **I ragazzi hanno bisogno di insegnanti che non solo spieghino loro delle regole e dei metodi, ma anche che trasmettano loro il piacere per i settori MINT.**

### Degli insegnanti motivati

Nei settori MINT, degli insegnanti competenti e motivati sono la condizione sine qua non di un buon insegnamento. Bisogna dapprima selezionarli bene e, in seguito, formarli adeguatamente affinché sappiano motivare gli allievi. Sarebbe tuttavia sbagliato voler valorizzare l'insegnamento dei MINT introducendo obbligatoriamente delle forme e degli strumenti d'apprendimento particolari. Gli insegnanti devono essere liberi di scegliere il metodo d'insegnamento, poiché non esiste una sola strada per giungere allo scopo. Un metodo promettente consiste nell'optare per un insegnamento attrattivo dei MINT nell'ambito della formazione continua all'attenzione degli insegnanti. Il canton Berna ha realizzato buone esperienze in materia nell'ambito del progetto pilota «Educazione e tecnica» (2013-2015). Le persone che continuano a formarsi dovrebbero essere ricompensate, attraverso il salario o una maggiore libertà nella pianificazione dell'insegnamento.

→ **La scuola pubblica dovrebbe più spesso ricorrere agli specialisti MINT: gli informatici, gli ingegneri o ancora i ricercatori potrebbero far beneficiare gli allievi delle loro conoscenze pratiche.**

### Apertura delle aule scolastiche

A nessuno verrebbe in mente di dire che i ragazzi non possono recarsi dal dentista scolastico perché quest'ultimo non disporrebbe di una formazione pedagogica. Nessuno protesta quando, durante un'escursione, un apicoltore, un agricoltore, un aiuto veterinario o la responsabile di una stazione di depurazione dà delle spiegazioni agli allievi, anche se questa persona non possiede nessun certificato che attesti le sue competenze pedagogiche. L'esperienza e la conoscenza del mestiere e dell'ambiente offrono garanzie sufficienti per autorizzare queste persone a porsi come interlocutori nell'insegnamento. Ci si può dunque chiedere perché non potrebbe valere lo stesso per degli informatici, degli ingegneri o dei ricercatori. Professionisti che utilizzano la matematica nella loro quotidianità o nel loro ambiente economico potrebbero apportare un contributo molto prezioso per meglio spiegare l'utilità dei corsi di matematica. Questi esperti si trovano probabilmente nelle vicinanze immediate di quasi tutte

le scuole. L'attesa ondata di pensionamenti di specialisti MINT può dunque anche essere vista come un'opportunità. Ma i genitori, dei conoscenti dei figli o degli insegnanti possono anche far approfittare gli allievi delle loro conoscenze a tutti i livelli della scolarità se fossero disposti a condividere le loro conoscenze e il loro entusiasmo; questo scambio potrebbe avvenire durante una passeggiata, nel corso di una settimana tematica, sotto forma di un mentorato durante un lavoro di semestre o l'accompagnamento di una classe su un determinato argomento per un periodo prolungato. La scuola ha tutto da guadagnare da un'integrazione ancora più spinta di queste risorse. È indubbio che le questioni pedagogiche devono continuare a dipendere dalla responsabilità degli insegnanti e che l'integrazione di esperti esterni non deve comportare un aumento dell'onere burocratico che pesa già oggi sugli insegnanti.

→ **Un'esperienza in impresa, ad esempio nell'ambito di una settimana tematica, può mostrare agli allievi come le loro conoscenze MINT trovano un'applicazione pratica.**

#### **Rafforzamento della cooperazione tra l'economia e la scuola**

Un altro mezzo per ridurre le resistenze nei confronti delle materie MINT è quello di invogliare gli allievi ad effettuare dei soggiorni in impresa. Nel canton Grigioni, questa idea si è concretizzata con successo a partire dal 2014 nell'ambito di un progetto denominato MINT-CAMPS GR. In collaborazione con la HEP dei Grigioni (PHGR), alcune imprese della regione propongono nell'ambito di una settimana oltre 120 posti ad alunni dal 3<sup>o</sup> al 6<sup>o</sup> anno. Nell'ambito di attività modulate, interessanti e pedagogicamente ottimizzate, i ragazzi imparano ad appassionarsi alle professioni MINT e scoprono al contempo come le loro conoscenze scolastiche vengono applicate nell'impresa. Essi sono accompagnati sul posto dagli studenti della PHGR e dagli apprendisti dell'impresa. Anche se i MINT-CAMPS GR hanno luogo durante le vacanze scolastiche, essi sono sempre presi d'assalto. Sarebbe positivo se esperimenti analoghi avessero luogo anche in altre regioni svizzere.

→ **Il Politecnico federale di Zurigo evidenzia l'utilità delle filiere di studi MINT in una descrizione dettagliata. Le giovani donne sono molto sensibili a questo messaggio.**

#### **Evidenziare l'utilità delle filiere di studi MINT**

Una volta che le fondamenta sono state poste e che vi è un certo interesse, bisogna incoraggiare i giovani ad iscriversi alle filiere di studi MINT. Molti giovani vogliono contribuire a rendere migliore il mondo e a risolvere i problemi dell'umanità. Per le grandi questioni dell'umanità, come le questioni energetiche, l'inquinamento ambientale, i metodi di cura delle malattie o ancora l'alimentazione della popolazione mondiale, sono necessarie delle conoscenze MINT estese. Il Politecnico federale di Zurigo ha realizzato buone esperienze mettendo in luce l'utilità degli studi MINT in un opuscolo ad essi dedicato. Ha così raggiunto un vasto pubblico femminile che la tecnica abitualmente rifiuta. Messaggi sull'utilità delle filiere MINT possono così invogliare dei giovani a lanciarsi in una simile carriera.

→ **Occorrerà del tempo e molta pazienza per migliorare il posto dei settori MINT. L'incoraggiamento verso queste materie deve dunque imperativamente iscriversi in un'ottica a lungo termine.**

#### **Necessarie nuove misure di sensibilizzazione**

Esistono dei buoni progetti per promuovere i settori MINT e questi stanno registrando un ottimo successo. Ma affinché la popolazione comprenda fino a quale



punto siano importanti questi cicli di studio, occorrerà ancora parecchio tempo e pazienza da parte di tutti gli attori interessati. Le mentalità cambieranno solo quando la popolazione sarà stata ampiamente sensibilizzata. Nelle famiglie e perfino negli asili si può già insegnare ai bambini in tenera età ad appassionarsi ai MINT attraverso dei giochi adeguati. La promozione dei MINT deve avvenire in un'ottica a lungo termine. L'economia e il mondo della formazione sono entrambi chiamati a sensibilizzare la società sull'importanza dei settori MINT.

→ **La Svizzera potrà proseguire ad evolvere a condizione di rimanere aperta alla ricerca e allo sviluppo tecnico. Il Piano di studi 21 contiene numerosi elementi per promuovere i settori MINT. Il loro utilizzo dipende innanzitutto dai cantoni e dal corpo docenti. Gli insegnanti che si stanno formando devono amare i settori MINT. La chiave consiste in un insegnamento attrattivo al liceo. La promozione dei settori MINT funzionerà a condizione di essere basata sul lungo termine. Bisogna difendere questi settori anche nei periodi in cui i fondi pubblici sono scarsi.**

## Conclusione

### Il successo si costruisce a lungo termine

L'uomo e la tecnica hanno, da sempre, una relazione ambivalente. Nella storia, delle fasi d'euforia suscitate dal progresso si sono sempre alternate a fasi di scetticismo nei confronti dell'innovazione. Questi atteggiamenti hanno lasciato delle tracce anche in Svizzera. E tuttavia, la Svizzera è diventata, nel corso degli ultimi decenni, un paese innovativo per eccellenza - soprattutto, ma non solo nel settore dei MINT. Essa potrà proseguire ad evolvere solo se sarà in grado di mantenere la sua apertura nei confronti della ricerca e delle novità tecniche. E questo significa molto di più della rapida diffusione di nuovi gadget tecnici o di servizi online. Nel contempo, il fatto di sapere che dei giovani con buone conoscenze nel settore MINT trovino più facilmente un impiego non basta. Ciò di cui abbiamo bisogno è un riconoscimento generale, da parte della società, di queste competenze e di una formazione adeguata. Soltanto così sarà possibile risolvere a lungo termine il problema del ricambio generazionale in questi settori.

Soltanto una migliore accettazione dei settori MINT nell'ambito della società permetterà di sensibilizzare le famiglie, di far aumentare la quota femminile in questi settori, di indurre gli insegnanti a sentirsi responsabili per l'insegnamento dei cicli di studio MINT e, infine, di attenuare la penuria di manodopera specializzata. La scuola dell'obbligo svolge un ruolo importante per questa transizione. Il nuovo Piano di studi 21, attualmente introdotto nei cantoni germanofoni e multilingue, contiene numerose misure efficaci. Esso può mostrare degli effetti soltanto se i cantoni sono pronti a dare sufficiente peso ai settori MINT nei loro piani di studio.

La promozione dei settori MINT non è basata soltanto sulla scuola dell'obbligo. Anche il liceo svolge un ruolo chiave: in primo luogo, bisogna mantenere l'interesse per i settori MINT che, speriamo, sia stato suscitato nella scuola dell'obbligo. Secondo, la maggior parte dei futuri insegnanti sono passati dal liceo. Degli insegnanti motivati devono essere in grado di suscitare l'interesse dei ragazzi per dei temi tecnico-scientifici. Brutti voti, soprattutto in matematica e nelle materie MINT, come pure insegnanti demotivati dovrebbero essere considerati come un problema da risolvere. I settori MINT devono divertire gli insegnanti che si stanno formando; questi ultimi dovrebbero vedere l'importanza e il fascino suscitato da questi approcci e poter superare eventuali blocchi di fronte ai settori tecnici.

Per quanto concerne la promozione dei settori MINT, occorre concedere un'attenzione particolare al fossato esistente tra uomini e donne. Non è ammissibile che, in Svizzera, la proporzione di donne nelle formazioni MINT sia così bassa nel confronto internazionale. Affinché dia i suoi frutti, la promozione dei settori MINT dev'essere basata sul lungo termine. Non si tratta di organizzare delle misure affrettate, basate sul corto termine. Gli ambienti politici ed economici nonché le scuole di tutti i livelli, fino agli istituti di formazione degli insegnanti, sono chiamati ad impegnarsi maggiormente. In concreto, questo presuppone di mettere a disposizione informazioni e le relative offerte, di promuovere e meglio far conoscere i numerosi progetti sensati che sono emersi in questo settore negli ultimi anni. E,

nei periodi in cui i fondi pubblici sono scarsi, occorre difendere con la stessa convinzione la promozione dei settori MINT.

- 
1. Semaw, Sileshi: The World's Oldest Stone Artefacts from Gona, Ethiopia. In: Journal of Archaeological Science, Bd 27 / 2000. p. 1197-1214
  2. Glaser, Hermann: Das deutsche Bürgertum. Zwischen Technikphobie und Technikeuphorie. In: Slewski, Michael / Stölken-Fitschen, Ilona (hg): Moderne Zeiten: Technik und Zeitgeist im 19. Und 20 Jahrhundert. Stuttgart, 1994. p. 39-40
  3. Voir p. ex. Andres, Günther: Die Antiquiertheit des Menschen. Munich, 1956p
  4. Braun Dubler, Nils et alt. (Econlab): ICT-Fachkräftesituation. Bedarfsprognose 2022. Basilea, 2014
  5. Ufficio federale di statistica: quota femminile nei settori MINT. Neuchâtel, 2015
  6. Per un'analisi critica di questo fenomeno, cf. Wajcman, Judy: TechnoFeminism. Cambridge, 2004]. [qtip:L'ampio sondaggio «Barometro delle giovani leve MINT» svolto nell'estate 2012 lo mostra molto chiaramente]Accademie delle scienze in Svizzera (ed.): Barometro delle giovani leve MINT in Svizzera – L'interesse dei ragazzi e degli adolescenti per le formazioni in scienze naturali e tecniche (Swiss Academies Reports Vol. 9/Nr. 6). Berna, 2014
  7. Spiegel, Hartmut / Selter, Christoph: Kinder & Mathematik. 7a edizione. Seelze 2011. pp. 44ss.
  8. Mouayama, Kou et alt.: Predicting Long-Term Growth in Students' Mathematics Achievement: The Unique Contributions of Motivation and Cognitive Strategies. Dans: Child Development, vol. 84, n° 4. Hoboken 2013. Pp. 1475-1490p
  9. Conferenza dell'istruzione pubblica della Svizzera tedesca [Ed.]: Lehrplan 21, Mathematik. Lucerna, 2015. Versione corretta. Pagina 2. Traduzione libera.
  10. Conferenza dell'istruzione pubblica della Svizzera tedesca [Ed.]: Lehrplan 21, Natur, Mensch, Gesellschaft. Versione corretta. Lucerna, 2015. Pagina 3. Traduzione libera
  11. Delle proposte concrete per migliorare la qualità dell'insegnamento nei licei e rafforzare la matematica e la lingua prima sono pubblicate su: Minsch, Rudolf / Schnell, Fabian: Come evitare il numerus clausus in Svizzera? dossierpolitica n° 8, economiesuisse, 2015