

“Der, die, o das?": il Computational Thinking nella didattica del tedesco L2/L3

Ilenia Fronza¹ e Daniel Gallo^{1,2}

¹Libera Università di Bolzano, Piazza Domenicani 3, 39100, Bolzano, Italia

²Liceo G. Pascoli, via G. Deledda 4, 39100, Bolzano, Italia
{ilena.fronza, daniel.gallo}@unibz.it

Il Computational Thinking (CT) dovrebbe essere insegnato a tutti gli studenti, indipendentemente dal grado e dall'indirizzo di studi. E proprio perché le materie umanistico-letterarie sono spesso trascurate, questo articolo intende presentare un'attività che applica il CT in ambito linguistico e, nello specifico, nell'apprendimento della lingua tedesca come lingua 2; questa infatti si presta bene per la sua struttura grammaticale complessa e molto schematica. Il CT è utilizzato per far fronte a una delle maggiori difficoltà, stabilire il genere di sostantivi dei quali si ignora il significato, le cui regole sono talmente numerose e piene di eccezioni da non comparire nelle grammatiche. Tuttavia, alcune di queste, unite ad altre, quali la declinazione degli aggettivi e le preposizioni con i relativi casi, rendono possibile simulare un calcolatore: dalla raccolta dati alla scomposizione del problema, all'astrazione, alla creazione di algoritmi risolutivi. Questo non solo favorisce l'uso del sapere acquisito favorendo il ragionamento e accrescendo le proprie competenze linguistiche, ma diventa utile ai fini didattici e pedagogici; il CT diventa funzionale per l'apprendimento linguistico e viceversa. Una prima sperimentazione ha coinvolto 20 studenti, che sono riusciti ad accrescere la propria consapevolezza linguistica e competenza grammaticale riflettendo sulle strutture caratterizzanti della lingua stessa senza le modalità previste dal tradizionale apprendimento linguistico, bensì proprio grazie all'approccio computazionale. I risultati ottenuti consentono di formulare ipotesi per ulteriori sviluppi, come implementare le regole della costruzione del plurale o allargare il campo linguistico alla dimensione letteraria.

1. Introduzione

Sviluppare l'alfabetizzazione informatica non corrisponde a imparare l'informatica [Perkovic et al., 2010], e la scelta di concentrare per anni

l'insegnamento dell'informatica sull'alfabetizzazione ha portato all'identificazione dell'informatica con l'abilità di usare un computer [Fronza et al., 2014]. Il Computational Thinking (CT), nato per affrontare questa problematica, è considerato capacità fondamentale per ogni individuo, alla stregua di scrittura, matematica e lettura [Wing, 2010]. Emerge quindi la necessità di proporre il rafforzamento del CT in tutte le discipline, anche nelle scuole non tecnico-scientifiche. In questa situazione ideale di "do ut des", tutti i docenti potrebbero usare il CT per insegnare la loro materia, e allo stesso tempo potrebbero contribuire a sviluppare il CT attraverso la loro materia. Nonostante questo, il CT è spesso legato alle discipline scientifiche, lasciando quelle umanistico-letterarie in secondo piano [Ambrosetti, 2015].

Questo articolo propone di applicare il CT in ambito linguistico. Tra le diverse lingue, è stata scelta quella tedesca, per la sua struttura grammaticale complessa, ma allo stesso tempo molto schematica. Nello specifico, il CT viene utilizzato per risolvere un item stabilendo il genere di un sostantivo, compito tra quelli di maggiore difficoltà per chi studia la lingua tedesca. L'obiettivo generale è affrontare le particolarità grammaticali in modo cognitivo attraverso una riflessione sulla lingua. L'attività, infatti, mira a rendere gli apprendenti consapevoli delle strutture grammaticali e capaci di ricostruire e applicare regole grammaticali. Per questo motivo, il livello che meglio si presta a questo tipo di attività corrisponde al livello A2 secondo il Quadro Comune Europeo di Riferimento per le lingue (QCER). A questo livello, infatti, gli apprendenti hanno già acquisito le basi grammaticali e lessicali necessarie per riconoscere il senso globale di testi non troppo complessi e sanno identificare le diverse strutture grammaticali. D'altra parte, però, il loro lessico non è sufficientemente ampio da riconoscere intuitivamente il genere dei sostantivi senza dover ricorrere ad un ragionamento; da qui l'idea di servirsi del CT. Una sperimentazione è stata svolta in una classe seconda a indirizzo informatico di un Istituto Tecnico Industriale, la cui competenza linguistica si attesta sul livello A2 (QCER).

La Sezione 2 motiva l'uso del CT nell'ambito della didattica del tedesco; la Sezione 3 descrive l'approccio proposto; la Sezione 4 discute i risultati raggiunti. La Sezione 5 è dedicata alle conclusioni e agli sviluppi futuri.

2. Motivazione

La programmazione non è lo scopo, ma uno dei possibili strumenti per rafforzare il CT [Wing, 2010]. Questa considerazione è particolarmente rilevante per trasmettere il CT a tutti gli studenti, indipendente dall'indirizzo scolastico, evitando di delegarne l'insegnamento a corsi dedicati [Fronza e Zanon, 2015]. Vanno quindi cercati, e adottati, strumenti alternativi alla programmazione per rafforzare il CT, in tutte le discipline e in scuole di indirizzo umanistico, dove gli studenti non sono inclini alle materie tecnico-scientifiche [Fronza et al., 2015]. Sfortunatamente, l'insegnamento del CT è principalmente associato alle discipline scientifiche [Ambrosetti, 2015]. Il problema è rilevante, infatti, se il CT

fosse trasversale a tutte le materie, anche a quelle umanistico-letterarie, i docenti di tutte le materie contribuirebbero a: 1) sfruttare l'impostazione del CT per insegnare le loro materie, e 2) contribuire ad insegnare il CT.

Questo lavoro rappresenta un tentativo di applicare il CT in ambito linguistico. In particolare, la complessità della sua struttura rende il tedesco terreno ideale per esercitare il CT, beneficiando del suo contributo nell'apprendimento. Nello specifico, l'attività mira a stabilire il genere di un sostantivo applicando le fasi del CT (Tab. 1), capendo fino a che punto il discente sia riuscito a collegare tra di loro ed applicare i singoli aiuti messi a disposizione per risolvere un problema.

L'attività proposta è in linea con le Indicazioni Provinciali per la definizione dei curricoli della scuola secondaria di secondo grado in lingua italiana della provincia di Bolzano [Intendenza Scolastica Italiana, 2010] che mira a “una sempre più sicura competenza sia nella seconda lingua sia in almeno una lingua straniera; [...] un adeguato utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. [...] La riflessione sulla lingua e il confronto con le altre lingue facilitano la formazione plurilingue, grazie all'uso consapevole dei codici linguistici, dei testi, delle situazioni e delle strategie comunicative”. Nella parte riguardante la materia Tedesco L2, oltre alle abilità, “leggere, ascoltare, scrivere e parlare”, si aggiunge la “riflessione sulla lingua” per favorire una consapevolezza linguistica più solida.

Tab.1 – CT: definizione [CSTA & ISTE, 2011].

	Nome	Definizione
1	Raccolta dei dati	Raccogliere le informazioni necessarie
2	Analisi dei dati	Dare un significato ai dati e trarre delle conclusioni
3	Rappresentazione dei dati	Rappresentare i dati appropriatamente
4	Scomposizione	Scomporre il problema in parti più piccole e gestibili
5	Astrazione	Ridurre la complessità per definire l'idea principale
6	Algoritmi e procedure	Identificare una serie ordinata di fasi per risolvere il problema
7	Automazione	Usare computer per svolgere lavori ripetitivi e noiosi
8	Simulazione	Rappresentare o modellare un processo
9	Parallelizzazione	Organizzare le risorse in modo che lavorino contemporaneamente per raggiungere un obiettivo comune

3. “Der, die, o das?": rispondere usando il CT

L'individuazione delle possibili variabili e l'applicazione corretta delle regole per definire il genere corretto di un sostantivo senza conoscerne il significato non ha il solo fine pratico di risolvere un problema, bensì è funzionale all'analisi della lingua come sistema, per capirne il funzionamento e costruire delle regole “fertili” da applicare alle proprie esigenze, favorendo il ragionamento secondo il CT. Questa attività è rivolta ad alunni di livello A2 (QCER) che, con queste competenze, non sono ancora in grado di riconoscere il genere dei sostantivi intuitivamente senza dover ricorrere a un ragionamento.

L'attività, senza la fase preparatoria (che consiste nella spiegazione delle tabelle e l'abitudine al lavoro secondo il CT), richiede circa otto ore, di cui due

per l'esercizio (parte di analisi e produzione scritta) e sei per le attività successive, che prevedono momenti di lavoro autonomo, una correzione in coppia, l'autovalutazione e una riflessione sul proprio ragionamento per favorire una maggiore consapevolezza delle proprie competenze. Tutto il lavoro mira alle seguenti finalità:

- impostare il lavoro ricoprendo gli aspetti del CT (Tab. 2);
- scoprire la grammatica e le regole che la definiscono;
- acquisire consapevolezza del funzionamento della lingua;
- saper collegare diversi argomenti grammaticali;
- non fermarsi al semplice "sapere", ma sperimentare, "saper pensare" e "saper fare";
- saper applicare regole in contesti nuovi;
- lavorare secondo la modalità del *cooperative learning* e del *problem solving*;
- coinvolgere lo studente nel processo di apprendimento definendolo insieme a lui;
- fornire allo studente consapevolezza del processo, ovvero di ciò che sta imparando e del metodo;
- aumentare nello studente la consapevolezza delle proprie competenze e delle aree in cui dovrebbe esercitarsi;
- autocorrezione e autovalutazione di abilità e competenze parziali.

Tab. 2 – CT nell'attività proposta (le fasi sono definite nella Tab. 1).

	Fase								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prima fase	X	X	X						
Seconda fase	X	X		X	X	X			
Terza fase							X	X	

3.1 Prima fase

Come introduzione, agli alunni viene distribuito un testo a buchi con quattro possibili risposte per ogni item, con una o più risposte esatte che definiscono il genere dei sostantivi (Fig. 1). I "distrattori" hanno la funzione di verificare in che modo e fino a che punto lo studente sia riuscito a completare un ragionamento.

Gli alunni, in un secondo momento, vengono coinvolti in una discussione sulle possibili strategie da adottare e sul senso di questo esercizio: utilizzare le informazioni già in loro possesso (le regole grammaticali già acquisite) per collegarle tra loro e sostenere un ragionamento che porti alla scelta corretta. Il primo passo è individuare il problema e rintracciare nel loro materiale gli strumenti utili per risolverlo; durante tutto il lavoro, il docente osserva chi usa il materiale in modo appropriato (vedi tabella delle preposizioni e i relativi casi in Fig. 2, e la tabella della declinazione dell'aggettivo in Fig. 3).

Lieber Freddy,
 das ist **die/der/das/dem** erste Gedankengang, den ich an meinen neuen Rechner schreibe. Ich habe nämlich von meinen Eltern einen zum Geburtstag bekommen und probiere seitdem alles mögliche aus. Eigentlich wollte ich mit **einem/einer/eines/eine** Klassenkameraden einen Computerkurs machen, aber ich denke, dass ich das Umgehen mit dem Computer auch allein lernen kann. Dazu habe ich mir ein Buch gekauft, in dem alles erklärt wird. Nun sitze ich also jede freie Minute am Computer.
 Am besten finde ich, dass auf CD-ROM **allen/aller/alle/allem** möglichen Informationen zu finden sind. Es scheint da eine Menge interessante Sachen auf dem Markt zu geben. Manche kaufen nur Spiele, aber ich habe vor spezielle Programme zu kaufen.
 Du sollst dir jedenfalls auch einen PC kaufen. Wünsch dir doch einen zum Geburtstag, so wie ich!
 Liebe Grüße
 Stefan

Fig. 1. – Testo a buchi utilizzato per l’attività proposta.

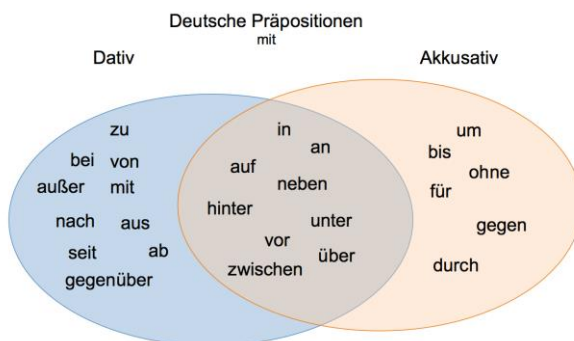


Fig. 2 - Preposizioni e relativi casi.

sg	F		M		N		pl F/M/N	
N	die	-e	der	-e	das	-e	die	-en
G	der	-en	des	-en	des	-en	der	-en
D	der	-en	dem	-en	dem	-en	den	-en
A	die	-e	den	-en	das	-e	die	-en

Fig. 3 – Declinazione dell’aggettivo.

Nella selezione delle regole (Fig. 4) da fornire agli alunni per l’applicazione di questo approccio di avvicinamento tra CT e didattica del tedesco, la prima considerazione rilevante è la distribuzione percentuale del genere dei sostantivi. Gerhard Augst, nel 1975, analizzando 2162 sostantivi semplici ha riscontrato che questi erano suddivisi per il 67% maschili, 20% neutri e per il 13% femminili [Augst, 1975]. Invece, Ursula Hoberg, nel 2004, ha riscontrato un’altissima

percentuale di sostantivi femminili tra derivati e suffissi. Analizzando il vocabolario Duden della lingua tedesca, che contiene 88.000 sostantivi semplici e complessi, la percentuale dei sostantivi femminili sale al 42,2% contro il 37% dei maschili e il 20,8% dei neutri [Hoberg, 2004]. Questo significa che va distinto il livello linguistico dell'apprendente; infatti, il numero di parole composte e derivate aumenta con l'aumentare del livello. Nei livelli più alti, quindi, la percentuale di parole femminili aumenta, a spese della percentuale di quelle maschili. Poiché l'attività è rivolta a un livello A2, viene fornita come regola che la percentuale di sostantivi maschili è di circa due terzi.

<p>Maschile (circa 67%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • nomi di professioni maschili, di stagioni, di mesi e giorni, di precipitazioni, di alcolici • nomi con desinenza -ismus • la maggior parte di fiumi e montagne • la maggior parte di sostantivi che finiscono in -ant, -ling, -ner, -or 	<p>Femminile (circa 13%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • persone femminili e definizione di professioni femminili • numeri cardinali • nomi di piante e alberi • nomi con desinenze -heit, -keit, -schaft, -ung • prestiti linguistici in -ade, -age, -anz, -enz, -ik, -ion, -tät, -ur • la maggior parte dei sostantivi in -e, -ei, -ie, -in 	<p>Neutro (circa 20%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • diminutivi -chen e -lein • verbi e aggettivi sostantivati • elementi chimici e metalli • sostantivi in -ment, in -nis, in -o, -um
<p>NB: al plurale tutti i sostantivi prendono l'articolo "DIE"</p>		

Fig. 4 - Regole che definiscono il genere del sostantivo.

Secondo Hans Jürgen Heringer, è immotivato il disfattismo metodologico secondo il quale il genere della maggior parte dei sostantivi sembri casuale e debba quindi essere imparato a memoria; è possibile, quindi, stabilire delle regole che aiutino a scoprire il genere [Heringer, 1995]. In particolare, le regole possono essere morfo-fonologiche o semantiche. Le regole *morfo-fonologiche*, più attendibili, si riferiscono a suffissi che generando sostantivi mantengono sempre lo stesso genere. Esse possono riguardare la composizione delle parole o la fonologia. Tutte le parole composte da sostantivi possiedono un *right hand head rule*, ossia il genere dell'ultimo sostantivo definisce il genere di tutta la parola e derivati espliciti (come -heit) hanno sempre lo stesso suffisso; la sostantivizzazione rende i verbi sempre neutri; le abbreviazioni (frequentissime nella lingua tedesca) mantengono il genere anche nella nuova forma. Le regole *semantiche* invece stabiliscono, ad esempio, che persone biologicamente maschili hanno di solito genere maschile. Questa definizione ha lo svantaggio di doversi confrontare con una serie di eccezioni che rendono le tante regole poco efficienti e trasparenti. Ciò nonostante, alcune regole di questo tipo vengono integrate nelle schede fornite agli studenti perché funzionali al CT.

3.2 Seconda fase

Gli alunni leggono il testo e scelgono una delle opzioni per ogni item, descrivendo passo per passo il loro ragionamento (Fig. 5). Per risolvere l'esercizio non basta fornire la risposta esatta, poiché vengono attribuiti punti

per le diverse competenze o competenze parziali (Sezione 3.4). Nel foglio di risposta vanno inseriti tutti i ragionamenti che stanno alla base della risposta. Ciò consente di valutare le riflessioni sulla lingua sulla base delle competenze per quantificarle e tradurle in voto.

Scheda (per lo studente)

Item1: *die/der/das/dem* possibile risposta/e: _____

scrivi una frase con la stessa costruzione del primo item cambiando le parole:

Riflessioni	Pertinente	Non pertinente
osservazione dell'insegnante: sa utilizzare gli strumenti (le tabelle)		
autocorrezione		
scrivere una frase con la stessa costruzione senza usare le parole dell'item		

Fig. 5 - Scheda per lo studente.

3.3 Terza fase

In questa fase lo studente riprende in mano l'elaborato e si confronta con un compagno (secondo il principio del *cooperative learning*); gli studenti, in coppia, analizzano il loro ragionamento e cercano di ripercorrere i vari passaggi per poi riscrivere sul proprio foglio con un colore diverso eventuali modifiche e/o passaggi da integrare. In questo modo gli studenti analizzano il proprio "algoritmo" e quello degli altri per poi riflettere e riuscire ad autocorreggersi senza che la soluzione venga loro fornita "dall'alto".

3.4 Valutazione

Per la valutazione di ogni item viene utilizzata una scheda valutativa per competenze (Fig. 6 e Fig. 7). L'item risolto vale un punto, tutte le altre riflessioni pertinenti e l'autocorrezione un punto ciascuno, mentre l'applicazione ad un contesto simile vale due punti. In questo modo si possono valutare il ragionamento e le competenze passo per passo, per quantificarle e tradurle in voto.

Scheda di valutazione (per l'insegnante)

Item 1

risolvere l'item: saper scegliere la/le soluzione/i possibili	1 punto
riconoscere il nome composto: secondo il <i>righthand-rule</i> è "gang"	1 punto
desinenza -ang non determina il genere	1 punto
l'aggettivo in -e determinano che il sostantivo deve essere al singolare	1 punto
il verbo determina che è soggetto (nominativo) escludendo distrattore "dem"	1 punto
riconosce che la relativa seguente "den" determina il sostantivo maschile	1 punto
osservazione dell'insegnante: sa utilizzare gli strumenti (le tabelle)	1 punto
autocorrezione	1 punto
scrivere una frase con la stessa costruzione senza usare le parole dell'item	2 punti

Fig. 6 - Scheda valutativa per competenze (per l'item 1).

Scheda di valutazione (per l'insegnante)

Item 2

risolvere l'item: saper scegliere la/le soluzione/i possibili	1 punto
riconosce che per l'articolo indeterminativo il sostantivo è al singolare	1 punto
riconoscere il nome composto: secondo il <i>righthand-rule</i> è "Kamerad"	1 punto
desinenza -ad non determina il genere	1 punto
la preposizione "mit" vuole il dativo escludendo "eines" e "eine"	1 punto
nel dubbio considera che due terzi dei sostantivi sono maschili	1 punto
osservazione dell'insegnante: sa utilizzare gli strumenti (le tabelle)	1 punto
autocorrezione	1 punto
scrivere una frase con la stessa costruzione senza usare le parole dell'item	2 punti

Fig. 7 - Scheda valutativa per competenze (per l'item 2).

4. Discussione

L'approccio presentato in questo articolo è stato sperimentato in una classe seconda ad indirizzo informatico dell'Istituto Tecnico Industriale "G. Galilei" di Bolzano. I 20 partecipanti hanno una competenza linguistica che si attesta sul livello A2 (QCER). Il fatto che si tratti di un indirizzo informatico rende funzionale l'apprendimento del CT nello specifico corso di studi.

La Tab. 3 riporta i risultati dell'esperienza. Tutti i partecipanti si sono mostrati molto interessati e coinvolti, esprimendo maggiore apprezzamento per la parte riguardante il ragionamento secondo il CT per ottenere la soluzione (i.e., seconda fase) che per la fase di scrittura del testo (i.e., terza fase). Questo potrebbe essere dovuto all'indirizzo informatico della scuola, all'approccio "diverso" (scoprire e capire la lingua attivamente invece di subirla passivamente), o al vedere nella lingua un sistema di regole trasparenti, senza più considerarla come una *blackbox*.

Nella seconda parte dell'esercizio, in cui si trattava di rispondere alla lettera, si è notata una maggiore attenzione e consapevolezza di tutte le strutture grammaticali. Infatti, prima del lavoro sulla determinazione del genere dei sostantivi, quando gli studenti dovevano rispondere a una lettera della stessa lunghezza e complessità, le difficoltà apparivano maggiori (confrontando i lavori

di 5 studenti si nota una diminuzione di circa il 20% di errori grammaticali). Si può quindi affermare che con l'approccio proposto in questo articolo sia complessivamente aumentata la competenza grammaticale degli studenti.

I risultati di questa esperienza mostrano che il CT può contribuire a raggiungere gli obiettivi didattici prefissi nella didattica del tedesco (Sezione 3), che a sua volta, in una sorta di “scambio” contribuisce all'apprendimento del CT in un contesto umanistico-letterario; in questo caso il docente di una materia umanistico-letteraria contribuisce ad insegnare il CT, e allo stesso tempo trae vantaggio dall'applicazione del CT nella propria materia.

Tab. 3 - Risultati dell'esperienza.

STUDENTI IN GRADO DI:	%
risolvere l'item: saper scegliere la/le soluzione/i possibili	60
riconoscere il nome composto: secondo il <i>righthand-rule</i> il sostantivo è “Gang”	90
trovare che la desinenza -ang non determina il genere	100
vedere che l'aggettivo in -e determinano che il sostantivo deve essere al singolare	55
capire che il verbo legato al sostantivo determina il soggetto al nominativo escludendo il distrattore “dem”	80
riconosce che la relativa seguente iniziano per “den” determina il sostantivo maschile	30
utilizzare gli strumenti (le tabelle) a disposizione (osservazione del processo da parte dell'insegnante)	85
riuscire nell'autocorrezione	45
scrivere una frase con la stessa costruzione della frase del testo senza usare le parole dell'item	90

5. Conclusioni

Applicando il CT alla lingua tedesca per stabilire il genere di un sostantivo si va ben oltre la semplice soluzione dell'item, aumentando la consapevolezza linguistica e la competenza grammaticale. Inoltre, oltre all'apprezzamento dei partecipanti, si può pensare a un piano per ulteriori sviluppi come l'implementazione delle regole del plurale o l'allargamento in ambito letterario. Inoltre, andrebbe esplorata ulteriormente l'efficacia dell'approccio proposto sull'apprendimento del CT e del tedesco (ad esempio, confrontando l'approccio con attività tradizionali).

Bibliografia

[Ambrosetti, 2015] Ambrosetti, N. Del pensiero computazionale applicato alla didattica delle lingue classiche. Mondo Digitale, 14, 58, 2015.

[Augst, 1975] Augst, G., Untersuchungen zum Morpheminventar der deutschen Gegenwartssprache, Tübingen, 1975.

[CSTA & ISTE, 2011] CSTA e ISTE, Computational Thinking. 2nd ed., 2011.

[Fronza et al., 2014] Fronza, I., El Ioini, N., Janes, A., Sillitti, A., and Succi, G., “Se dovessi dare un voto a questo laboratorio, darei nove” - Introduzione del Computational Thinking nella scuola secondaria di primo grado: risultati dell’esperienza. *Mondo Digitale*, 13, 51, 2014, 757-765.

[Fronza e Zanon, 2015] Fronza, I. and Zanon, P. Introduction of computational thinking in a hotel management school. *Mondo Digitale*, 14, 58, 2015, 28-34.

[Fronza et al., 2015] Fronza, I., El Ioini, N., & Corral, L., Students Want to Create Apps: Leveraging Computational Thinking to Teach Mobile Software Development. Proc. of the 16th Annual Conference on Information Technology Education, Chicago, Illinois, 2015, 21-26.

[Heringer, 1995] Heringer, H.J., Prinzipien der Genuszuweisung, da: Deutsch als Fremdsprache. An den Quellen eines Faches. Festschrift für Gerhard Helbig zu seinem 65. Geburtstag, 1995, 203 – 216.

[Hoberg, 2004] Hoberg, U. 2004. Grammatik des Deutschen im europäischen Vergleich: Das Genus des Substantivs, 2004.

[Intendenza Scolastica Italiana, 2010] Intendenza Scolastica Italiana . Indicazioni provinciali per la definizione dei curricoli della scuola secondaria di secondo grado in lingua italiana della provincia di Bolzano. 2010. <http://www.provincia.bz.it/intendenza-scolastica/service/pubblicazioni.asp> (Aprile 2016).

[Perkovic et al., 2010] Perkovic, L., Settle, A., Hwang, S., and Jones, J., A Framework for Computational Thinking Across the Curriculum. In Proc. of the 15th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, New York, USA, 2010, 123–127.

[Wing, 2010] Wing, J., Computational Thinking: What and Why? *Link Mag.*, 2010.