



Co-funded by
the European Union



Εγχειρίδιο STEMSiL (Σύντομη Έκδοση) Έρευνα στη Διδασκαλία και Μάθηση STEM με Νοηματικές Γλώσσες

Editors:

Nordheimer, S., Unterhitzberger, G. Peters, C., Schmidt, F.,
Bumann, S. & Rathmann, C.



Περιεχόμενα

	0
1) Από τις Επιστημονικές Έννοιες στα Νοήματα: Αξιοποίηση Γλωσσαρίων STEM στην Εκπαίδευση Κωφών – Audrey M. Cameron	2
2) Η Ανάπτυξη Μαθηματικών Δεξιοτήτων σε Κωφούς Μαθητές: Εμπειρικά Ευρήματα και Παραδείγματα από την Πράξη - Olga Pollex, Swetlana Nordheimer, Viktor Werner	9
3) Κριτική Προσέγγιση DeafDidaktik σε Μαθηματικές Εργασίες Κειμένου - Bastian Staudt, Horst Sieprath, Ege Karar, Merve Baklaci, Daniel Schmidt, Klaudia Grote	12
4) Νοηματική για Μεταβλητές και Εξισώσεις - Flavio Angeloni, Christian Hausch	14
5) Παράδειγμα Εργασίας Στοχαστικής με Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (DGS) - Elke Warmuth, Swetlana Nordheimer, Tino Sell	17
6) Νοηματική Γεωμετρία - Swetlana Nordheimer, Tino Sell	20
Βιβλιογραφία	23

1) Από τις Επιστημονικές Έννοιες στα Νοήματα: Αξιοποίηση Γλωσσαρίων STEM στην Εκπαίδευση Κωφών – Audrey M. Cameron

1.1 Εισαγωγή: Σύνδεση STEM και Νοηματικής Γλώσσας



Το κεφάλαιο αυτό εξετάζει τη διασταύρωση της εκπαίδευσης κωφών, της νοηματικής γλώσσας και των μαθημάτων STEM, με ιδιαίτερη έμφαση στο έργο του Γλωσσαρίου BSL του SSC. Συζητά τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων και την επίδρασή τους στην εννοιολογική κατανόηση, δείχνοντας πώς τα προσεκτικά σχεδιασμένα νοήματα μπορούν να γεφυρώσουν το χάσμα ανάμεσα στην γραπτή ορολογία και τους οπτικο-χωρικούς τρόπους σκέψης σε διάφορους επιστημονικούς τομείς. Με αυτόν τον τρόπο, το κεφάλαιο υπογραμμίζει τον μετασχηματιστικό ρόλο της νοηματικής γλώσσας στην κατανόηση και τη διδασκαλία των STEM από κωφούς μαθητές.

1.2 Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των STEM μέσω Εννοιολογικής Κατανόησης



Η έρευνα αναδεικνύει τη σημασία των πειραμάτων με πρακτική συμμετοχή, της αλληλεπίδρασης μεταξύ συμμαθητών και της χρήσης ποικίλων μαθησιακών προσεγγίσεων για την ενίσχυση της κατανόησης — ιδιαίτερα για τους κωφούς μαθητές, οι οποίοι συχνά χρειάζονται περισσότερα παραδείγματα για να κατανοήσουν πλήρως τις έννοιες. Οι εκπαιδευτικοί διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη στήριξη της διαδικασίας νοηματοδότησης των μαθητών, καθοδηγώντας τις συνεργατικές ερμηνείες πειραμάτων και δραστηριοτήτων και χρησιμοποιώντας διερευνητικές ερωτήσεις για να ενθαρρύνουν την κριτική σκέψη. Ωστόσο, οι Κωφοί μαθητές έχουν συχνά λιγότερες ευκαιρίες να συμμετάσχουν σε τέτοιες εμπειρίες, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για περιβάλλοντα όπου όλοι μπορούν να επικοινωνούν άνετα στη νοηματική γλώσσα. Μια ολιστική προσέγγιση — που επεκτείνεται πέρα από την αίθουσα διδασκαλίας, περιλαμβάνει την εξερεύνηση του πραγματικού κόσμου και ενσωματώνει πολλαπλές μαθησιακές μεθόδους — είναι απαραίτητη ώστε τα Κωφά παιδιά να αναπτύξουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

1.3 Ιστορία και Εξέλιξη των Γλωσσαρίων Νοηματικής Γλώσσας



Τα γλωσσάρια νοηματικής γλώσσας έχουν υποστεί σημαντικές μεταμορφώσεις, περνώντας από στατικά σχέδια και φωτογραφίες σε βιβλία σε δυναμικούς οπτικοακουστικούς πόρους στο διαδίκτυο. Οι τεχνολογικές εξελίξεις — από το φιλμ έως τα ψηφιακά μέσα — κατέστησαν δυνατή την ακριβέστερη αποτύπωση των κινήσεων των νοημάτων και την ευκολότερη ανανέωση του περιεχομένου. Η ανάπτυξη ιστοσελίδων νοηματικής γλώσσας με επίκεντρο τα STEM, που ξεκίνησε ο Lang στο NTID/RIT, συνέβαλε καθοριστικά στην παγκόσμια διεύρυνση τέτοιων γλωσσαρίων. Διάφορες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία τους, από ατομικές πρωτοβουλίες έως συνεργατικές συζητήσεις, με κοινό στόχο τη βελτίωση της πρόσβασης στα STEM για τους Κωφούς σε όλο τον κόσμο.

1.4 Σκοπός του Γλωσσαρίου BSL του SSC



Το Γλωσσάριο BSL του Scottish Sensory Centre (SSC) έχει τις ρίζες του στην έρευνα της Dr. Mary Brennan το 2000, η οποία αποκάλυψε ότι η έλλειψη νοημάτων STEM αποτελούσε σημαντικό εμπόδιο για τους Κωφούς μαθητές στις εθνικές εξετάσεις. Παρά τα μέτρα υποστήριξης που εισήχθησαν στα πανεπιστήμια, όπως το Επίδομα Φοιτητών με Αναπηρία (DSA) και η αυξημένη πρόσβαση σε διερμηνείς, το ποσοστό των Κωφών φοιτητών που συμμετείχαν σε προγράμματα STEM στην ανώτατη εκπαίδευση στο Ηνωμένο Βασίλειο παρέμεινε στάσιμο στο 0,3% για περισσότερο από μία δεκαετία. Αυτή η έλλειψη προόδου — που αντικατοπτρίζεται και σε ευρήματα από τις ΗΠΑ — αναδεικνύει την επιτακτική ανάγκη για ολοκληρωμένα γλωσσάρια νοημάτων STEM, τα οποία θα στηρίζουν τόσο τους Κωφούς μαθητές όσο και τους εκπαιδευτικούς τους. Τέτοια γλωσσάρια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην άρση των εμποδίων επικοινωνίας στην εκπαίδευση και την επαγγελματική σταδιοδρομία στα STEM.

1.5 Δομή και Περιεχόμενο του Γλωσσαρίου BSL του SSC



Ο ιστότοπος του Γλωσσαρίου SSC προσφέρει μια ολοκληρωμένη και φιλική προς τον χρήστη πλατφόρμα για την εξερεύνηση των νοημάτων STEM, οργανωμένη τόσο κατά θεματική ενότητα όσο και αλφαβητικά. Κάθε καταχώριση περιλαμβάνει βίντεο επίδειξης των νοημάτων, συνοδευόμενα από υποστηρικτικές εξηγήσεις σε νοηματική γλώσσα και γραπτές μεταφράσεις στα Αγγλικά, καθιστώντας το γλωσσάριο ένα πλήρως δίγλωσσο εργαλείο. Σε απάντηση στα σχόλια των χρηστών, ο ιστότοπος περιλαμβάνει επίσης βίντεο παραδειγμάτων που δείχνουν την εφαρμογή των νοημάτων σε πραγματικά πλαίσια, ενισχύοντας περαιτέρω την κατανόηση επιστημονικών εννοιών από μαθητές, εκπαιδευτικούς και διερμηνείς.

1.6 Οπτικοποίηση Εννοιών STEM: Η Διαδικασία Ανάπτυξης Νοημάτων



Η διαδικασία ανάπτυξης νοημάτων του SSC φέρνει μαζί μια ποικιλόμορφη ομάδα Κωφών επιστημόνων, εκπαιδευτικών και γλωσσολόγων νοηματικής γλώσσας, που συνεργάζονται για τη δημιουργία νοημάτων για έννοιες STEM. Ο στόχος είναι η οπτική απόδοση των βασικών ιδεών που κρύβονται πίσω από τους επιστημονικούς όρους, αντί για απλή μετάφραση λέξεων. Μέσα από ομαδικές συζητήσεις και προσεκτική εξέταση των οπτικών χαρακτηριστικών και λειτουργιών κάθε έννοιας, η ομάδα εξασφαλίζει ότι τα νοήματα αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια το επιδιωκόμενο νόημα. Η διαδικασία περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια αναθεώρησης, συμπεριλαμβανομένων σχολίων από μικρά Κωφά παιδιά, πριν τα νοήματα οριστικοποιηθούν, καταγραφούν και δημοσιευθούν στον ιστότοπο του Γλωσσαρίου BSL του SSC ως δίγλωσσο εργαλείο, συνοδευόμενο από ορισμούς και βίντεο παραδειγμάτων.

1.7 Ανάπτυξη Νοημάτων ανά Μαθησιακό Αντικείμενο: Παραδείγματα από Διάφορους Τομείς STEM



Η ενότητα αυτή παρουσιάζει συγκεκριμένα παραδείγματα ανάπτυξης νοημάτων σε διαφορετικούς τομείς STEM, όπως η Γεωγραφία, η Βιολογία, η Αστρονομία και η Χημεία. Μελετώντας τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται τα νοήματα για να αναπαραστήσουν ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών εννοιών, από φυσικά τοπία έως αφηρημένες χημικές διαδικασίες, η ενότητα αναδεικνύει την ευελιξία και την αποτελεσματικότητα της νοηματικής γλώσσας στη μετάδοση πολύπλοκων επιστημονικών ιδεών.

1.7.1 Γεωγραφία: Αναπαράσταση Τοπίων και Τοπογραφίας



Στη Γεωγραφία, χρησιμοποιούνται οπτικά νοήματα για να αναπαραστήσουν τοπογραφικά χαρακτηριστικά, όπως κοιλάδες και ποτάμια. Τα περιγράμματα στους χάρτες υποδεικνύουν την κλίση του εδάφους και τα σχήματα των νοημάτων αλλάζουν για να απεικονίσουν διάφορα τοπία.

1.7.2 Βιολογία: Οπτική Αναπαράσταση Θέσης και Λειτουργίας



Κατά την ανάπτυξη νοημάτων για τη Βιολογία, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ακριβή αναπαράσταση της θέσης, του σχήματος και της λειτουργίας βιολογικών δομών, όπως όργανα και μέρη φυτών. Η διαδικασία περιλαμβάνει εκτενή έρευνα, διαβούλευση με ειδικούς στον τομέα και, σε ορισμένες περιπτώσεις, αναθεώρηση των νοημάτων για να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η πιστότητα, όπως φαίνεται στην ανάπτυξη του νοήματος για το «βλαστοκύτταρο».

1.7.3 Αστρονομία: Σχεδίαση Νοημάτων για τους Πλανήτες



Κατά τη δημιουργία νοημάτων για τους πλανήτες του ηλιακού συστήματος, η ομάδα έλαβε υπόψη τόσο τα οπτικά στοιχεία όσο και τις μοναδικές ιδιότητες κάθε ουράνιου σώματος. Τα νοήματα ενσωματώνουν χαρακτηριστικά όπως οι ακραίες θερμοκρασίες του Ερμή, η πυκνή ατμόσφαιρα της Αφροδίτης, οι δύο δορυφόροι του Άρη και ο ασυνήθιστος δορυφόρος του Ποσειδώνα, δημιουργώντας ένα συνεκτικό σύνολο νοημάτων που αναδεικνύει τις συνδέσεις μεταξύ των πλανητών ενώ ταυτόχρονα υπογραμμίζει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καθενός.

1.7.4 Χημεία – Αναπαράσταση Αφηρημένων Εννοιών



Η Χημεία, λόγω της αφηρημένης και θεωρητικής της φύσης, παρουσιάζει ιδιαίτερες προκλήσεις στη διδασκαλία, συχνά περιλαμβάνοντας διαδικασίες που είναι αόρατες σε μοριακό επίπεδο. Η ανάπτυξη νοημάτων για χημικές έννοιες, όπως άτομα, ηλεκτρόνια και χημικές αντιδράσεις, παρέχει οπτικές αναπαραστάσεις που βοηθούν στη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ παρατηρήσιμων φαινομένων και μικροσκοπικών διαδικασιών, υποστηρίζοντας την κατανόηση σύνθετων χημικών ιδεών μέσω του πλαισίου του Τριγώνου του Johnstone στα μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο.

1.7.5 Οικογένεια Νοημάτων: Υποστήριξη της Εννοιολογικής Κατανόησης



Η ομάδα ανάπτυξης νοημάτων δημιούργησε «οικογένειες» νοημάτων για να υποστηρίξει μια βαθύτερη κατανόηση ευρύτερων επιστημονικών εννοιών. Για παράδειγμα, τα νοήματα για τη «μάζα», τη «βαρύτητα» και το «βάρος» συνδέονται μεταξύ τους για να δείξουν τις αλληλεπιδράσεις τους στη φυσική. Ομοίως, στη Χημεία, μια οικογένεια νοημάτων που αναπαριστά χημικές αντιδράσεις διατηρεί κοινά στοιχεία ενώ εισάγει παραλλαγές για να αποδώσει διαφορετικούς τύπους αντιδράσεων, ενισχύοντας την εννοιολογική κατανόηση μέσω οπτικών συνδέσεων.

1.8 Επιρροή των Γλωσσαρίων Νοηματικής στην Εκμάθηση

1.8.1 Εννοιολογική Κατανόηση: Ηλεκτρισμός – Εναλλασσόμενο vs Συνεχές Ρεύμα



Ένα ερευνητικό έργο σε τάξη ανέδειξε τον τρόπο με τον οποίο η πρόσβαση στο Γλωσσάριο STEM μπορεί να υποστηρίξει σημαντικά την εννοιολογική κατανόηση. Κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος για το εναλλασσόμενο (AC) και το συνεχές (DC) ρεύμα, η αρχική σύγχυση ενός μαθητή σχετικά με τον όρο «ρεύμα» επιλύθηκε όταν παρουσιάστηκε το σωστό επιστημονικό νόημα, δείχνοντας τον

ρόλο του γλωσσαρίου στην αποσαφήνιση επιστημονικών εννοιών και στην πρόληψη παρεξηγήσεων που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση καθημερινής γλώσσας σε επιστημονικά συμφραζόμενα.

1.8.2 Πρόσβαση στο Λεξιλόγιο: Διδασκαλία της Πυκνότητας



Σε ένα μάθημα για την άνωση και το βύθισμα σε μικρούς Κωφούς μαθητές, η χρήση του γλωσσαρίου νοημάτων, ιδιαίτερα του νοήματος για την «πυκνότητα», ενίσχυσε σημαντικά την εννοιολογική κατανόηση. Μετά από μια δραστηριότητα με πρακτική συμμετοχή και εξηγήσεις χρησιμοποιώντας τα νοήματα, τα παιδιά μπόρεσαν να συνδέσουν σωστά την άνωση και το βύθισμα με την έννοια της πυκνότητας, δείχνοντας πώς το λεξιλόγιο της νοηματικής γλώσσας μπορεί να μεταφέρει αποτελεσματικά πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες ακόμη και σε μικρούς μαθητές.

1.8.3 Διευκόλυνση της Κατανόησης Μέσω Νοημάτων και Διαλόγου



Η έρευνα της Lindahl (2021) τονίζει ότι, αν και η νοηματική γλώσσα, το κείμενο και οι εικόνες είναι απαραίτητα για την εννοιολογική κατανόηση στην εκπαίδευση Κωφών, η αποτελεσματική μάθηση υπερβαίνει την απλή πρόσβαση στο λεξιλόγιο. Απαιτεί καθοδηγούμενες συζητήσεις και εκπαιδευτικούς ικανούς να αναγνωρίζουν και να ανταποκρίνονται στη χρήση νοημάτων από τους μαθητές, η οποία δείχνει ότι κατανοούν τις έννοιες.

9.1 Συμπεράσματα



Η δημιουργία γλωσσαρίων νοηματικής γλώσσας για τα μαθήματα STEM αποτελεί σημαντική πρόοδο στην εκπαίδευση Κωφών, παρέχοντας οπτικές αναπαραστάσεις που αποδίδουν την ουσία των επιστημονικών εννοιών. Τα STEM νοήματα, τα οποία αναπτύχθηκαν μέσα από μια διαδικασία που



λαμβάνει προσεκτικά υπόψη τόσο τις επιστημονικές αρχές όσο και τις δομές της νοηματικής γλώσσας, καθιστούν τις αφηρημένες έννοιες πιο απτές και προσβάσιμες σε διάφορους επιστημονικούς τομείς. Στο μέλλον, η συνεχιζόμενη έρευνα και η συνεργασία μεταξύ Κωφών επιστημόνων, εκπαιδευτικών και γλωσσολόγων θα είναι καθοριστικής σημασίας για την ενσωμάτωση αυτών των πόρων στα προγράμματα σπουδών STEM, εξασφαλίζοντας ίση πρόσβαση στη γνώση για τους κωφούς μαθητές και ενισχύοντας συνολικά τον τομέα της επιστημονικής επικοινωνίας.

2) Η Ανάπτυξη Μαθηματικών Δεξιοτήτων σε Κωφούς Μαθητές: Εμπειρικά Ευρήματα και Παραδείγματα από την Πράξη - Olga Pollex, Swetlana Nordheimer, Viktor Werner

2.1 Εισαγωγή

Οι συγγραφείς αυτού του άρθρου προέρχονται από διαφορετικές θεωρητικές παραδόσεις και χρησιμοποιούν ποικίλες ερευνητικές μεθόδους, επομένως το άρθρο αυτό θα πρέπει να θεωρηθεί ως μια πολυδιάστατη επιστημονική συζήτηση. Η έρευνα σχετικά με την ανάπτυξη και τη διδασκαλία των μαθηματικών σε Κωφά παιδιά περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα θεωρητικών, εμπειρικών και πρακτικών προσεγγίσεων. Τα τελευταία 20 χρόνια, παρατηρείται σημαντική αύξηση στις μελέτες που εστιάζουν στην ανάπτυξη μαθηματικών δεξιοτήτων σε Κωφά παιδιά, κάτι που αντικατοπτρίζεται στον αυξανόμενο αριθμό δημοσιεύσεων πάνω στο θέμα. Για να καταδειχθεί αυτή η ποικιλία, το άρθρο αναφέρεται τόσο σε θεωρητικά πλαίσια όσο και σε εμπειρικές μελέτες για να συζητήσει επιχειρήματα υπέρ της διδασκαλίας των μαθηματικών στη νοηματική γλώσσα.

Λόγω της ποικιλίας στις θέσεις, τα θεωρητικά υπόβαθρα και τους πρακτικούς στόχους στη μαθηματική εκπαίδευση Κωφών μαθητών, οι όροι «κωφός» και «βαρήκοος» χρησιμοποιούνται ασυνεπώς στη βιβλιογραφία (βλ. Szücs, 2019). Για να αποφευχθούν παρεξηγήσεις, χρησιμοποιούμε τον όρο «Κωφός» ακολουθώντας τους Scott, Henner και Skyer (2023), οι οποίοι τον ορίζουν ως «ένα φάσμα επιπέδων ακοής, από ό,τι συνήθως αναφέρεται ως βαρήκοος, έως βαθιά Κωφός· περιλαμβάνουμε επίσης οποιονδήποτε θα ωφελούνταν από την ταύτιση ως Κωφός, όπως άτομα με κεντρική διαταραχή επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων, καθώς όλοι θα ωφελούνταν από το προτεινόμενο εδώ μοντέλο».

2.2 Θεωρητικό Πλαίσιο

Η Rosanova (1971) και η Yashkova (1971) απέδειξαν εμπειρικά ότι τα Κωφά παιδιά είναι πολύγλωσσα, με διαφορετικά γλωσσικά συστήματα αλληλένδετα με πολύπλοκο τρόπο στη σκέψη τους. Πιο πρόσφατες μελέτες των Villwock και συν. (2021) παρέχουν διαφοροποιημένες, εμπειρικά τεκμηριωμένες γνώσεις σχετικά με την πολύπλοκη ενεργοποίηση πολλαπλών γλωσσών από ακουόντες και Κωφούς δίγλωσσους ASL-Αγγλικά κατά την επεξεργασία γραπτών λέξεων. Ωστόσο, η Rosanova (1991) υποστήριξε ότι η γλωσσική ικανότητα από μόνη της δεν εξασφαλίζει την επιτυχή ανάπτυξη μαθηματικών δεξιοτήτων στους Κωφούς μαθητές. Πρότεινε ότι η προώθηση τόσο της «**οπτικο-φανταστικής**» σκέψης όσο και της «**λογικο-λεκτικής**» σκέψης είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική διδασκαλία των μαθηματικών.

Η «**οπτικο-φανταστική**» σκέψη αναφέρεται στην ικανότητα να σκέφτεται κανείς με εικόνες και αναπαραστάσεις που αντικαθιστούν πραγματικά αντικείμενα προκειμένου να πραγματοποιήσει νοητικές διαδικασίες. Αυτή η μορφή σκέψης απαιτεί προσοχή τόσο στην εξωτερική εμφάνιση και στις ιδιότητες των αντικειμένων, όσο και στις σχέσεις μεταξύ τους. Για να υποστηριχθεί αυτό, η Rosanova (1978) συνιστούσε την ενίσχυση των συνδέσεων μεταξύ των αντικειμένων και των λέξεων που τα δηλώνουν, των ιδιοτήτων τους και των σχέσεών τους. Εμείς επεκτείνουμε αυτήν την πρόταση, προτείνοντας ότι η ανάπτυξη της «**οπτικο-φανταστικής**» σκέψης μπορεί να μεσολαβηθεί, να καθοδηγηθεί και να ενισχυθεί μέσω της χρήσης παραγωγικών και καθιερωμένων νοημάτων και χειρονομιών για να αναπαραστήσουν τα μαθηματικά αντικείμενα, τις ιδιότητές τους και τις σχέσεις μεταξύ τους.

Η «**λογικο-λεκτική**» σκέψη περιλαμβάνει επίσημες νοητικές διαδικασίες που μεσολαβούνται μέσω της γλώσσας και μπορεί να είναι πλήρως αφηρημένες από τα πραγματικά αντικείμενα. Προτείνουμε επίσης ότι αυτή η μορφή σκέψης θα πρέπει να ενσωματώνεται συνειδητά στις νοηματικές γλώσσες όσο το δυνατόν νωρίτερα, προκειμένου να παρέχεται βέλτιστη διδασκαλία και υποστήριξη στα μαθηματικά.

2.3 Εμπειρικά Ευρήματα

Πρόσφατες εμπειρικές μελέτες αναδεικνύουν τη θετική επίδραση της νοηματικής γλώσσας στην ανάπτυξη μαθηματικών δεξιοτήτων σε Κωφά παιδιά. Ακολουθεί μια σύνοψη βασικών ευρημάτων από διάφορες μελέτες:

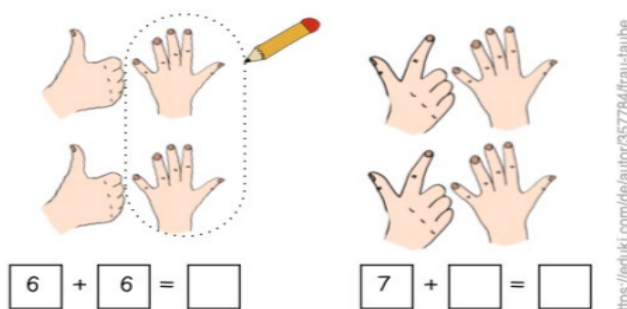
- **Leybaert και Van Cutsem (2002)** εξέτασαν σε ποιο βαθμό η οπτικο-χειρονομική διάσταση και η δομή της ακολουθίας αριθμών σε νοήματα επηρεάζει την ανάπτυξη δεξιοτήτων μέτρησης και τη χρήση τους από Κωφά παιδιά.
- **Di Luka και Presenti (2011)** υποστηρίζουν ότι οι αριθμοί με τα δάχτυλα βοηθούν στην απόκτηση, την οικοδόμηση και την ανάκτηση της έννοιας των αριθμών. Παρέχουν επιπλέον αξία σε σχέση με άλλες αναπαραστάσεις αριθμών, καθώς εδραιώνουν το νόημα των αριθμών μέσω προσωπικά βιωμένων αισθησιοκινητικών αναπαραστάσεων. Ωστόσο, οι αριθμοί με τα δάχτυλα διαφέρουν από τους αριθμούς σε νοήματα ή από τα αλγόριθμα σε νοήματα, που αποτελούν μέρος των εθνικών νοηματικών γλωσσών.
- **Werner και Hänel-Faulhaber (2023)** μελέτησαν την κατανόηση επαναλαμβανόμενων προτύπων από Κωφά και ακούοντα παιδιά. Σε δραστηριότητες όπου τα παιδιά έπρεπε να συμπληρώσουν κενά σε πρότυπα, τα Κωφά παιδιά που έμαθαν νοηματική γλώσσα σε νεαρή ηλικία πέτυχαν αποτελέσματα συγκρίσιμα με αυτά των ακούοντων συνομηλίκων τους. Αντίθετα, τα Κωφά παιδιά που απέκτησαν τη νοηματική γλώσσα αργότερα είχαν χαμηλότερη απόδοση, υποδεικνύοντας τη θετική επίδραση της νοηματικής γλώσσας σε εργασίες αναγνώρισης προτύπων και επίλυσης προβλημάτων.

- **Αξιολόγηση του MBK 0** (Krajewski, 2018), ενός διαγνωστικού τεστ βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων για παιδιά προσχολικής ηλικίας, στη Γερμανική Νοηματική Γλώσσα έδειξε ότι τα Κωφά παιδιά-μητρικοί νοηματιστές ηλικίας έξι ετών είχαν αποτελέσματα αντίστοιχα με το ηλικιακό πρότυπο των ακούοντων παιδιών (Werner & Hänel-Faulhaber, 2024).

2.4 Πρακτικά Παραδείγματα

Τέλος, τεκμηριώνουμε τις παρατηρήσεις μας με πρακτικά παραδείγματα που παρέχει η Όλγα Πολεξ. Αυτά τα παραδείγματα λειτουργούν τόσο ως επιπλέον τεκμήριο υπέρ της χρήσης νοηματικών γλωσσών και των μαθηματικών σε νοήματα, όσο και ως έμπνευση για την ανάπτυξη διδακτικών εννοιών και εκπαιδευτικού υλικού. Με τη χρήση συγκεκριμένων παραδειγμάτων από τη γεωμετρία, την αριθμητική και την συνδυαστική, εξηγεί πώς οι μαθηματικές έννοιες, θεωρήματα και αποδείξεις μπορούν να εισαχθούν μέσα από δραστηριότητες με χειροπιαστά αντικείμενα, όπως η επεξεργασία γεωμετρικών σχημάτων από χαρτί. Επιπλέον, προτείνει τη χρήση παραγωγικών νοημάτων που προκύπτουν από αυτές τις ενέργειες για την περιγραφή των διαδικασιών.

Μόλις οι μαθητές κατανοήσουν τις έννοιες, μπορούν να εισαχθούν καθιερωμένα μαθηματικά νοήματα και οι λεξικές τους παραλλαγές. Η σταδιακή αυτή επέκταση της χρήσης της νοηματικής γλώσσας βασίζεται στην αρχή EIS του Bruner, που ενσωματώνει ενσάρκωμένους, εικονικούς και συμβολικούς τρόπους αναπαράστασης. Συχνά, η διδασκαλία των μαθηματικών περιορίζεται στην ανάπτυξη αριθμητικών δεξιοτήτων, ενώ οι δεξιότητες που σχετίζονται με τις διαδικασίες παραμελούνται. Αυτός ο περιορισμός συνδέεται εν μέρει με τις γλωσσικές δεξιότητες των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Ωστόσο, η γλώσσα είναι απαραίτητη για την αναγνώριση μαθηματικών σχέσεων, τη σύνδεση γνώσεων και δεξιοτήτων και την εφαρμογή τους σε άγνωστα προβλήματα.



[IS video](#)



[DGS](#)

3) Κριτική Προσέγγιση DeafDidaktik σε Μαθηματικές Εργασίες Κειμένου - Bastian Staudt, Horst Sieprath, Ege Karar, Merve Baklaci, Daniel Schmidt, Klaudia Grote

Στο πλαίσιο μιας εμπειρικής μελέτης για το DeafDidaktik που πραγματοποίησε ο Staudt (2024) σε μαθήματα μαθηματικών με Κωφούς μαθητές των οποίων η πρώτη γλώσσα (L1) είναι η Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (GSL), παρατηρήθηκε επανειλημμένα ότι η εργασία με μαθηματικές εργασίες κειμένου συνδέεται με συγκεκριμένες δυσκολίες κατανόησης.

Τα ζητήματα αυτά συζητήθηκαν και αναλύθηκαν με την ομάδα DeafDidaktik στο Κέντρο Ικανοτήτων SignGes για Νοηματική Γλώσσα και Χειρονομία στο Πανεπιστήμιο RWTH Aachen, υπό την καθοδήγηση της Δρ. Klaudia Grote. Βάσει αυτών των παρατηρήσεων, αναπτύχθηκε μια προσαρμογή DeafDidaktik μιας εργασίας κειμένου αρχικά σχεδιασμένης για ακούοντες μαθητές, με αποτέλεσμα μια μαθηματική εργασία κειμένου προσαρμοσμένη στις ανάγκες των Κωφών μαθητών. Για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της προσαρμοσμένης εργασίας, διεξήχθη μια προκαταρκτική εμπειρική μελέτη, κατά την οποία μια «εργασία καγκουρό» παρουσιάστηκε σε δύο δέκαχρονα παιδιά—ένα ακούον και ένα Κωφό.

Σημείωση: Οι λεγόμενες «εργασίες καγκουρό» αποτελούν μια παιδαγωγική προσέγγιση που πρωτοεμφανίστηκε στο αυστραλιανό εκπαιδευτικό σύστημα και υιοθετήθηκε αργότερα σε ευρωπαϊκό διαγωνισμό μαθηματικών. Οι εργασίες καγκουρό χρησιμοποιούνται σε αυστραλιανά σχολεία από το 1978, με την εφαρμογή τους σε γερμανικά σχολεία να ακολουθεί τέσσερα χρόνια αργότερα. Στόχος αυτών των εργασιών είναι να προσφέρουν υποστήριξη και πρόκληση για μαθητές τρίτης και τέταρτης τάξης σε σχέση με τη μαθηματική μάθηση (για περισσότερες πληροφορίες, βλ. <https://www.mathekaenguru.de/international/index.html>, πρόσβαση 09.11.2024).

Η μαθηματική εργασία κειμένου από τον Διαγωνισμό Kangaroo 2021, την οποία παρουσίασε ο Staudt στα παιδιά στο πλαίσιο μιας προκαταρκτικής μελέτης, έχει ως εξής: Σε μια μικρή αίθουσα κινηματογράφου, πέντε φίλοι καταλαμβάνουν ολόκληρη μια σειρά. Ο Paul δεν κάθεται στην πέμπτη θέση, ενώ η Anabel έχει επιλέξει την πρώτη θέση. Η Lynn βρίσκεται ανάμεσα στον Joshua και τη Selin. Το ζητούμενο είναι να εντοπιστεί η ακριβής θέση της Lynn.

Το ακούον παιδί, του οποίου η πρώτη γλώσσα (L1) είναι τα Γερμανικά, ολοκλήρωσε την εργασία γρήγορα και σωστά. Αντίθετα, το Κωφό παιδί, του οποίου η πρώτη γλώσσα είναι η Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (DGS) και την απέκτησε σχετικά αργά, και ταυτόχρονα μιλά Γερμανικά ως δεύτερη ή ακόμη και τρίτη γλώσσα λόγω της ρωσικής μεταναστευτικής καταγωγής των γονέων, αντιμετώπισε σημαντικές δυσκολίες στην ανάγνωση και κατανόηση της παραπάνω εργασίας κειμένου. Όταν η εργασία παρουσιάστηκε στη συνέχεια σε DGS, οι αντιδράσεις του παιδιού έδειξαν βελτιωμένη κατανόηση της εργασίας σε νοήματα. Παρ' όλα αυτά, ακόμη και με τη μετάφραση σε

DGS, το παιδί δεν μπορούσε να κατανοήσει τη μαθηματική στρατηγική που απαιτούνταν για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Στη συνέχεια, το παιδί παρακολούθησε μια κινούμενη απεικόνιση του περιεχομένου, σχεδιασμένη σύμφωνα με τις αρχές του DeafDidaktik και επεξεργασμένη με το λογισμικό PowerPoint. Αμέσως μετά την αρχική παρουσίαση, το παιδί έδειξε κατανόηση του περιβάλλοντος που απεικονιζόταν. Στη δεύτερη επανάληψη, προστέθηκε μια σύντομη εξήγηση σε νοήματα της εργασίας, η οποία διευκόλυνε την κατανόηση της μαθηματικής μεθοδολογίας και επέτρεψε στο παιδί να ολοκληρώσει με επιτυχία την εργασία.

Για την έκδοση DeafDidaktik της μαθηματικής εργασίας κειμένου, η εφαρμογή των αρχών DeafDidaktik απαιτούσε προηγούμενη ανάλυση σε τρεις φάσεις. Η τελική παρουσίαση περιλάμβανε βίντεο στη Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (DGS) μαζί με διαφάνειες PowerPoint με αντίστοιχες κινήσεις και μεταβάσεις, ενσωματώνοντας κάθε φορά βασικές αρχές. Αυτές οι αρχές περιλάμβαναν επαγωγικό τρόπο εξήγησης, «φάρους» υποκειμένου-αντικειμένου, στρατηγική εξάλειψης σε νοήματα, τοποθεσία και αλλαγές προοπτικής. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της χρήσης δεικτών νοημάτων (sign classifiers), καθώς και της κατασκευασμένης δράσης (CA) και του κατασκευασμένου διαλόγου (CD) (Grote, Sieprath, Staudt, Fenkart & Karar – Work in Progress 2024). Επιπλέον, ενσωματώθηκαν στοιχεία του DeafScience, όπως η παρουσίαση βίντεο νοηματικής γλώσσας σε κυκλική μορφή με πλαίσια χρωματικής κωδικοποίησης για διαφοροποίηση των τμημάτων: το λευκό για την εισαγωγή της εργασίας, το μπλε για πρόσθετες εξηγήσεις, το κόκκινο για την ερώτηση και το πράσινο για την απάντηση ή λύση (Sieprath et al., 2024).

Η προκαταρκτική αυτή μελέτη δείχνει ότι τα Κωφά παιδιά αντιμετωπίζουν ποικίλες προκλήσεις όταν επιλύουν μαθηματικές εργασίες σε γραπτή μορφή. Αυτές οι εργασίες απαιτούν από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν διάφορες διαδικασίες αποκωδικοποίησης, συμπεριλαμβανομένης της ερμηνείας του περιεχομένου, της μετάφρασης του γραπτού κειμένου σε μαθηματικές αναπαραστάσεις και της επίλυσης του μαθηματικού προβλήματος.

Βάσει των ευρημάτων αυτής της μελέτης, το βίντεο παρουσιάζει τα αρχικά κριτήρια για τη δημιουργία μαθηματικών βίντεο σε νοήματα σύμφωνα με το DeafDidaktik. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτά τα κριτήρια απαιτούν περαιτέρω εμπειρική επιβεβαίωση σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.



[IS](#)



[DGS](#)

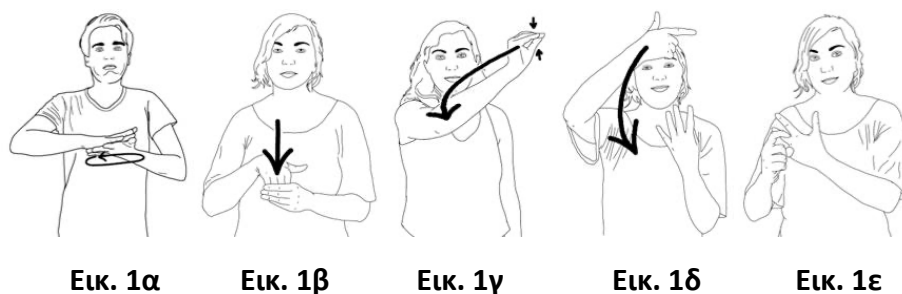
4) Νοηματική για Μεταβλητές και Εξισώσεις - Flavio Angeloni, Christian Hausch

Η δίγλωσση πρακτική, που περιλαμβάνει τόσο τη νοηματική γλώσσα όσο και τη γραπτή γλώσσα, είναι θεμελιώδης για τη διδασκαλία μαθητών που προσανατολίζονται στη νοηματική γλώσσα. Ταυτόχρονα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των νοηματικών γλωσσών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην εκπαιδευτική έρευνα. Με την πάροδο του χρόνου, μελέτες έχουν δείξει ότι οι νοηματικές γλώσσες μπορούν να επηρεάσουν τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών με τρόπους που συχνά διαφέρουν σημαντικά από τις πρακτικές των προφορικών γλωσσών. Για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι «[...] η χρήση του χώρου της νοηματικής γλώσσας στην τάξη των μαθηματικών μπορεί να έχει καθοριστικό ρόλο, π.χ. στην απόκτηση εξειδικευμένων και τεχνικών νοημάτων που δεν αντιστοιχούν (μόνο) σε νοήματα για τεχνικούς όρους μιας προφορικής γλώσσας» (μετάφραση από Angeloni, 2023, σ. 532).

Το κεφάλαιο εξετάζει βασικές έννοιες της στοιχειώδους άλγεβρας, όπως «μεταβλητή» και «εξίσωση», από την οπτική της νοηματικής γλώσσας, βάσει των αποτελεσμάτων ενός ευρύτερου έργου για τη διδασκαλία και μάθηση της στοιχειώδους άλγεβρας σε νοηματική γλώσσα. Στην πρώτη ενότητα, η μελέτη πραγματεύεται διάφορες όψεις των μεταβλητών—την όψη αντικειμένου, την όψη αντικατάστασης και την όψη κελύφους—μαζί με ένα κεντρικό χαρακτηριστικό των νοηματικών γλωσσών, την εικονικότητα (iconicity), και τη σημασία της στα μαθηματικά. Τα εικονικά νοήματα είναι αυτά που εμφανίζουν άμεση ή έμμεση ομοιότητα με το αναφερόμενο αντικείμενο. Όταν η ομοιότητα είναι άμεση, τα νοήματα θεωρούνται εικονογραφικά (pictorial), ενώ όταν είναι έμμεση, θεωρούνται σχηματικά εικονίδια (schematic icons). Και οι δύο τύποι εικονικών νοημάτων χωρίζονται περαιτέρω σε υποκατηγορίες.

Στη συνέχεια, το κεφάλαιο παρουσιάζει τις βασικές αρχές για τη διδασκαλία σε νοηματική γλώσσα, καθώς και τα μαθησιακά περιβάλλοντα που χρησιμοποιήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του έργου. Σε δίγλωσσες τάξεις μαθηματικών που χρησιμοποιούν νοηματική γλώσσα, «πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι διάφορες δομικές διαφορές που σχετίζονται με τη μορφή (modality) μεταξύ προφορικής και νοηματικής γλώσσας» (μετάφραση από Grote et al., 2018, σ. 435). Αυτό περιλαμβάνει τον υψηλότερο βαθμό εικονικότητας στις νοηματικές γλώσσες σε σύγκριση με τις προφορικές, γεγονός που ενισχύει τη συσχέτιση μεταξύ των νοημάτων και των ιδιοτήτων των αναφερόμενων αντικειμένων. Κατά συνέπεια, στη διδασκαλία των μαθηματικών, «ο τύπος των εξηγήσεων πρέπει να αντιστοιχεί στις εικονικές όψεις [...]» (μετάφραση από Grote et al., 2018, σ. 433).

Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η **εστίαση** (centering): ένα κεντρικό θέμα τοποθετείται στον πυρήνα, γύρω από το οποίο δημιουργείται ένα **συνταγματικό πλαίσιο** (syntagmatic context). Αυτό σημαίνει ότι συναφή ή συνδεδεμένα μεταξύ τους έννοιες τοποθετούνται γύρω από την κεντρική έννοια, ώστε να αναδειχθούν οι σχέσεις τους. Ένα συνταγματικό πλαίσιο μπορεί να αναπτυχθεί αλλάζοντας την οπτική γωνία, δηλαδή μεταβαίνοντας από μια συγκεκριμένη έννοια σε μια άλλη για να την περιγράψουμε με περισσότερη λεπτομέρεια. Στη μαθηματική τάξη, για παράδειγμα, αυτό σημαίνει ότι μια βασική έννοια τοποθετείται στο κέντρο και γύρω της οργανώνονται οι σχετικές μονάδες γνώσης.



Εικ. 1α

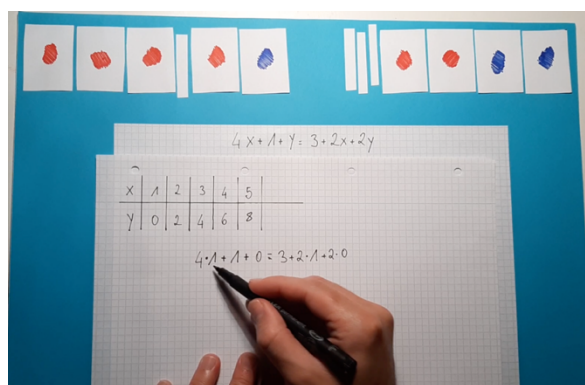
Εικ. 1β

Εικ. 1γ

Εικ. 1δ

Εικ. 1ε

Εικόνα 1: Νοήματα EMPTY (αριστερά) και CONTENT (δεξιά)



Εικόνα 2: Αποσπάσματα από τα βίντεο που χρησιμοποιούνται ως εργασίες

Εξηγούνται επιλεγμένα αποτελέσματα σχετικά με την **όψη αντικειμένου**, την **όψη αντικατάστασης** και την **όψη κελύφους** των μεταβλητών, ενώ συζητούνται οι πιθανές επιπτώσεις τους στη διδασκαλία των μαθηματικών. Τα παρουσιαζόμενα νοήματα ανήκουν στη Αυστριακή Νοηματική Γλώσσα (ÖGS). Τα ευρήματα δείχνουν ότι υπάρχουν διαφορετικά νοήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπαραστήσουν μεταβλητές και τις σχετικές ενέργειες.

Τα νοήματα στις Εικ. 1γ και 1δ είναι **εικονογραφικά εικονικά** (pictorially iconic), καθώς παρουσιάζουν άμεση ομοιότητα με την γραπτή εικόνα του πίνακα τιμών πάνω από την εξίσωση (Εικ. 2). Επιπλέον, το νόημα στην Εικ. 1γ μιμείται μια ενέργεια όπου κάτι λαμβάνεται από τον πίνακα και τοποθετείται στη θέση της εξίσωσης. Το νόημα **EMPTY** (Εικ. 1α) είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, επειδή

επικοινωνεί ότι η μεταβλητή είναι κενή, δεν περιέχει αριθμούς. Εάν εξεταστεί σε σχέση με το νόημα **CONTENT** (Εικ. 1β)—το οποίο θεωρεί τη μεταβλητή ως δοχείο—τότε η άγνωστη τιμή αναπαρίσταται οπτικά ως ένα άδειο δοχείο, αναδεικνύοντας την όψη κελύφους.

Αυτή η έννοια εμφανίζεται επίσης στην περίπτωση της όψης αντικατάστασης, για παράδειγμα με το κατασκευασμένο νόημα που παρουσιάζεται στην Εικ. 1ε. Εάν η όψη κελύφους θεωρηθεί κεντρική, αυτό έχει πιθανές επιπτώσεις στη διδασκαλία των μαθηματικών: η όψη κελύφους θα μπορούσε να λειτουργεί ως «κεντρική» όψη μεταβλητής γύρω από την οποία οργανώνονται οι υπόλοιπες όψεις, δημιουργώντας μια **συνταγματική σχέση** (syntagmatic relationship) μεταξύ όλων των όψεων.

[IS](#)

[DGS video](#)

5) Παράδειγμα Εργασίας Στοχαστικής με Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (DGS) - Elke Warmuth, Swetlana Nordheimer, Tino Sell

Το άρθρο παρουσιάζει μια εργασία στοχαστικής που συνδέεται με τη γεωμετρία. Μέσω ενός γεωμετρικού πλαισίου, η εργασία στοχεύει στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων των Κωφών μαθητών, όπως καταγράφεται στη σχετική βιβλιογραφία, και διευκολύνει την πρόσβασή τους σε μαθηματικές έννοιες. Η εργασία αποτελεί τροποποίηση της 4ης άσκησης του 5ου παραδείγματος από τα πρότυπα πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (KMK 2004, σ. 20), η οποία επικεντρώνεται κυρίως στην κεντρική ιδέα του **χώρου και της μορφής** στην περιοχή απαιτήσεων III. Η πρώτη προσαρμογή της εργασίας έγινε από τη Winkenbach (2011). Εμείς την έχουμε αναθεωρήσει περαιτέρω, διδακτικά και γλωσσικά, ώστε να προσφερθεί σε **δίγλωσση μορφή**, στη Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (DGS) και στα Γερμανικά.

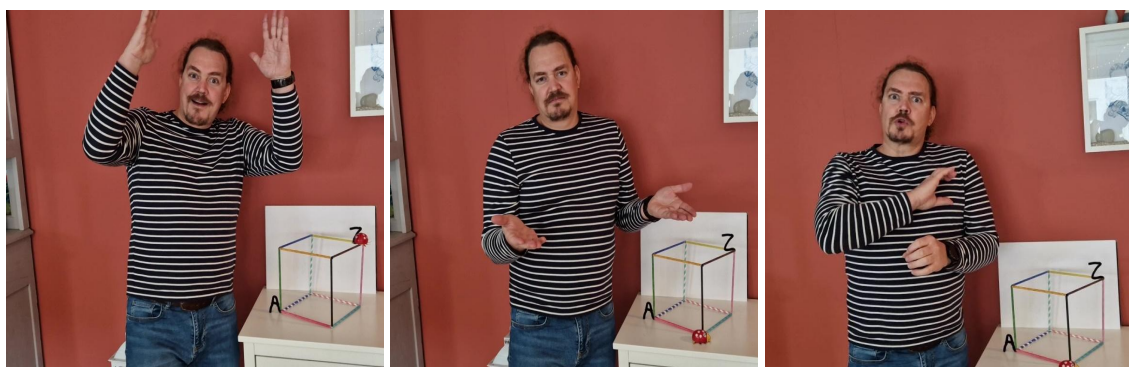
Η γερμανική εκδοχή της εργασίας αναφέρεται σε ένα **μοντέλο ακμών** ενός κύβου (βλ. Εικ. 1–3) και παρουσιάζεται ως εξής:

Πρόκειται για ένα μοντέλο ακμών ενός κύβου. Ένα σκαθάρι ξεκινά από τη γωνία A και θέλει να φτάσει στη γωνία Z. Τα μάτια του σκαθαριού είναι δεμένα. Σκαρφαλώνει κατά μήκος των ακμών του κύβου, σταματώντας σε κάθε γωνία για να κάνει μια τυχαία στροφή, αλλά ποτέ δεν επιστρέφει πίσω. Μετά από τρεις ακμές, το σκαθάρι κουράζεται και σταματά.

Στο μοντέλο, αν το σκαθάρι κινηθεί πρώτα κατά μήκος της κόκκινης ακμής, στη συνέχεια στρίψει στην ανοιχτό μπλε ακμή και τέλος στην ροζ ακμή, θα φτάσει στη γωνία Z. Ωστόσο, αν κινηθεί κατά την ακολουθία κόκκινη-μαύρη-πορτοκαλί, δεν θα φτάσει στη Z μετά από τρεις ακμές.

Η εργασία ζητά: *Πόσοι είναι οι πιθανοί δρόμοι; Ποια είναι η πιθανότητα το σκαθάρι να φτάσει στον προορισμό του;*

Στις Εικόνες 1 έως 3 παρουσιάζονται αποσπάσματα από τις αναπαραστάσεις σε νοήματα, συνδέοντας παραδείγματα ευνοϊκής και μη ευνοϊκής διαδρομής με το μοντέλο ακμών και τη θέση του σκαθαριού στον χώρο του κύβου ή στις γωνίες του.



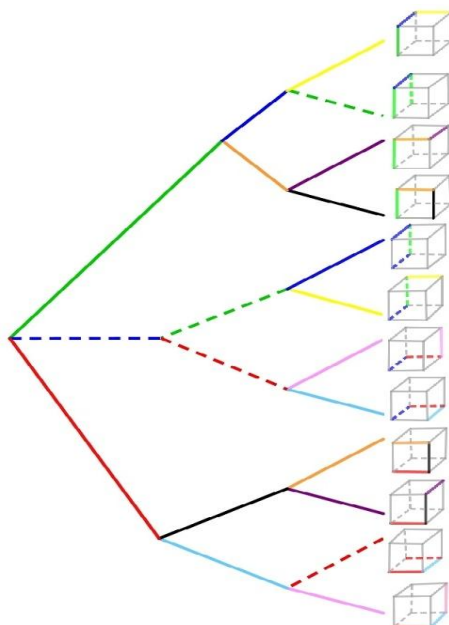
Εικ. 1: Ευνοϊκή διαδρομή "Το σκαθάρι έφτασε στον προορισμό του"

Εικ. 2: Μη ευνοϊκή διαδρομή "Ο στόχος χάθηκε"

Εικ. 3: Το νόημα για "πιθανότητα" ή "ευκαιρία"

Με γνώμονα τους Κωφούς μαθητές, είναι χρήσιμο να παρέχονται **χρωματιστές ακμές** στο μοντέλο ή στο σχέδιο. Στην **Εκδοχή Α**, που απευθύνεται σε παιδιά που ξεκινούν να μαθαίνουν DGS, εμφανίζεται ένα **φυσικό μοντέλο ακμών**, και όλες οι προτάσεις επιδεικνύονται απευθείας πάνω στο μοντέλο. Στην **Εκδοχή Β**, για παιδιά που έχουν καλή γνώση της DGS, το φυσικό μοντέλο δεν εμφανίζεται· η εργασία παρουσιάζεται μόνο μέσω νοηματικής γλώσσας, με την εικόνα να μπορεί προαιρετικά να επικαλύπτεται.

Για να αποδειχθεί η λογική πίσω από την επίλυση του προβλήματος, προτείνουμε τη δημιουργία ενός **δέντρου αποφάσεων** (Εικ. 4), που απεικονίζει τις επιλογές του σκαθαριού σε κάθε γωνία. Στο σημείο εκκίνησης Α, μπορεί να επιλέξει **πράσινη, μπλε-διακεκομμένη ή κόκκινη** ακμή. Εάν επιλέξει την πράσινη και κινηθεί κατά μήκος αυτής της ακμής, στη συνέχεια αντιμετωπίζει επιλογή ανάμεσα σε **μπλε ή πορτοκαλί**, καθώς δεν μπορεί να επιστρέψει πίσω. Αν τώρα κινηθεί κατά μήκος της πορτοκαλί ακμής, η τελευταία επιλογή είναι ανάμεσα σε **μοβ ή μαύρη**. Η επιλογή της μοβ οδηγεί το σκαθάρι στη γωνία Ζ, όπως φαίνεται στον τρίτο κύβο από πάνω, ενώ η επιλογή της μαύρης σημαίνει ότι το σκαθάρι χάνει τον προορισμό του, όπως δείχνει ο τέταρτος κύβος.



Εικόνα 5: Διάγραμμα δέντρου για την εργασία με το σκαθάρι

Το διάγραμμα δέντρου αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην **συνδυαστική** και τη **θεωρία πιθανοτήτων**. Δομεί και μοντελοποιεί την πραγματική κατάσταση, καταγράφοντας συστηματικά όλες τις πιθανές περιπτώσεις. Όπως κάθε εργαλείο οπτικοποίησης, οι μαθητές πρέπει να αποκτήσουν ενεργά την ικανότητα να το ερμηνεύουν και να το χρησιμοποιούν. Τα χρώματα στο διάγραμμα αντιστοιχούν απευθείας στα χρώματα των ακμών του κύβου, παρέχοντας σαφή οπτική σύνδεση μεταξύ του μοντέλου και του διαγράμματος.



[IS video](#)



[DGS](#)

6) Νοηματική Γεωμετρία - Swetlana Nordheimer, Tino Sell

Το παρόν άρθρο εξετάζει τη διδασκαλία της **Νοηματικής Γεωμετρίας** σε Κωφούς μαθητές και παρουσιάζει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα διδασκαλίας που αφορά τον **όγκο ενός κύβου**. Βασιζόμενοι στο θεωρητικό πλαίσιο των μαθηματικών ικανοτήτων των Κωφών μαθητών που προτάθηκε από τη Rosanova (1991), τονίζουμε τη σημασία της ανάπτυξης τόσο της **λογικο-λεκτικής** όσο και της **οπτικο-φαντασιακής** σκέψης ως αλληλένδετων στοιχείων. Βάσει πιο πρόσφατων εμπειρικών ευρημάτων, προτείνουμε τη **συνειδητή και στοχευμένη ενσωμάτωση της νοηματικής γλώσσας** στα μαθήματα γεωμετρίας.

Τα εμπειρικά ευρήματα σχετικά με τη διδασκαλία της γεωμετρίας σε Κωφούς μαθητές μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Η επίδοση σε εργασίες χωρικών σχέσεων συνδέεται στενά με την ικανότητα γλώσσας των μαθητών στη προτιμώμενη μορφή τους (νοηματική ή προφορική γλώσσα). Η χρήση και η ενίσχυση της προτιμώμενης μορφής επικοινωνίας φαίνεται πιο αποτελεσματική από το να εστιάζουμε μόνο στην οπτικοποίηση των μαθηματικών εννοιών.
- Οι νοηματικές γλώσσες δεν αποτελούν μόνο την προτιμώμενη μορφή επικοινωνίας για πολλούς Κωφούς μαθητές, αλλά και εργαλείο που βοηθά στην αντίληψη γεωμετρικών αντικειμένων, στην απομνημόνευση εννοιών και στην επίλυση προβλημάτων.
- Η γεωμετρία φαίνεται να αποτελεί έναν τομέα ισχύος για τους Κωφούς μαθητές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γέφυρα για τη διδασκαλία άλλων μαθηματικών τομέων, όπως η αριθμητική.
- Η αποτελεσματική διδασκαλία της γεωμετρίας απαιτεί τη σύνδεση ενεργών πράξεων με μοντέλα και οπτικοποιήσεις ενσωματωμένες στη γλώσσα, ώστε οι μαθητές να μπορούν να παράγουν τόσο συγκεκριμένες εικονιστικές όσο και σχηματικές αναπαραστάσεις των αφηρημένων γεωμετρικών εννοιών.
- Η χωρική γεωμετρία φαίνεται να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη γενικότερη μαθηματική ανάπτυξη των παιδιών.

Σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο και τα εμπειρικά ευρήματα, προτείνουμε να δοθούν στους Κωφούς μαθητές όχι μόνο ευκαιρίες για τη **δημιουργία οπτικών εικόνων μέσω νοηματικής**, αλλά και τη δυνατότητα για **ελεγχόμενη χρήση νοηματικών γεωμετρικών αναπαραστάσεων**. Στα μαθήματα γεωμετρίας, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τρεις τρόπους:

- Ρητή διευκρίνιση: Είναι χρήσιμο να εξηγείται στους μαθητές αν μια οπτική εικόνα ή αναπαράσταση απεικονίζει ένα μεμονωμένο παράδειγμα ή αν έχει ως στόχο την αναπαράσταση μιας γενικής μαθηματικής πρότασης.

- Χρήση νοημάτων και χειρονομιών: Τα συμβατικά και παραγωγικά νοήματα και χειρονομίες μπορούν να λειτουργήσουν ως εργαλεία για την ελεγχόμενη χρήση γεωμετρικών εικόνων στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων.
- Ποικιλία και γενίκευση: Η παρουσίαση ποικίλων γεωμετρικών αναπαραστάσεων και η κατασκευή προτύπων από πολλές περιπτώσεις μπορεί να βοηθήσει τους Κωφούς μαθητές να γενικεύσουν τις γεωμετρικές έννοιες και να εξάγουν γενικές προτάσεις μελετώντας και συγκρίνοντας πολλές περιπτώσεις.

Για να συνδέσουμε τις θεωρητικές έννοιες με τις πρακτικές προτάσεις διδασκαλίας στη γεωμετρία, τις παρουσιάζουμε μέσα από ένα συγκεκριμένο παράδειγμα διδασκαλίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό η νοηματική γλώσσα να ενσωματώνει τα μοντέλα και τις οπτικοποιήσεις από την αρχή, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη τόσο συγκεκριμένων όσο και σχηματικών αναπαραστάσεων.

Η ενασχόληση με σχηματικές αναπαραστάσεις μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις που μπορούν να εφαρμοστούν στην τάξη. Για παράδειγμα, οι δάσκαλοι μπορούν να καθοδηγήσουν τους μαθητές να κόψουν ή να σχηματίσουν κύβους από πλαστελίνη, τυρί, σαπούνι ή ακόμα και ξύλο σε μικρότερους κύβους κατά τη διάρκεια μαθημάτων χειροτεχνίας. Είναι κρίσιμο αυτές οι ενέργειες να εισάγονται με τη χρήση νοημάτων και χειρονομιών που προέρχονται από τις φυσικές ενέργειες, ενώ ταυτόχρονα να τεκμηριώνονται μέσω βίντεο, μοντέλων και εικόνων για ενίσχυση της μάθησης.

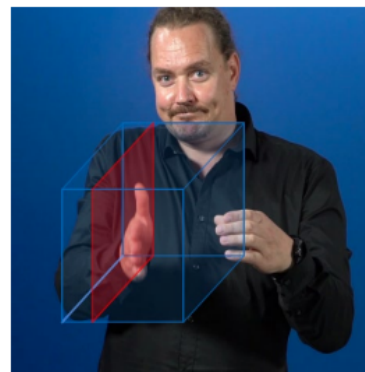
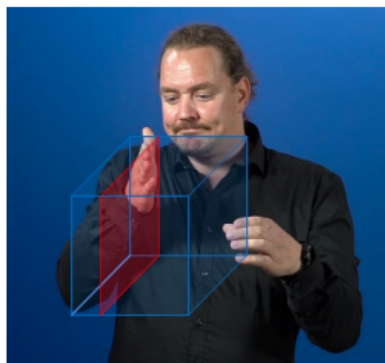


Εικ 1: $16+16+16+16$



Εικ 2: $4 \times 4 \times 4 = 64$

Συνιστούμε να ξεκινήσουμε με έναν ξύλινο κύβο με όγκο 64 cm^3 προκειμένου να εισαχθεί η έννοια του όγκου και ταυτόχρονα να οπτικοποιηθεί ο συγκεκριμένος κυβικός αριθμός 64. Ο αριθμός αυτός μπορεί να ερμηνευτεί ως το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού του ίδιου αριθμού, 4, τρεις φορές. Ο όγκος του κύβου μπορεί επίσης να αναπαρασταθεί συγκεκριμένα ως ο αριθμός των μικρών κύβων κατά ύψος, μήκος και πλάτος. Επιπλέον, ο κύβος μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις ομάδες των 16 μικρών κύβων, ενισχύοντας περαιτέρω την κατανόηση της δομής του.



Εικόνα 2: Κοπή ενός κύβου με παράλληλα επίπεδα στη Γερμανική Νοηματική Γλώσσα (DGS)

Στη συνέχεια, ο/η δάσκαλος/-α μπορεί να αναπαραστήσει το πρόβλημα στη νοηματική γλώσσα, καλώντας τους μαθητές να νοηματίσουν ενεργά οι ίδιοι. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές όχι μόνο να δει το κύβο στο ξύλινο μοντέλο ή μέσω των οπτικών νοημάτων, αλλά και να “νιώσει” και να χειριστεί τον κύβο με τα χέρια τους επαναλαμβάνοντας τα νοήματα. Οι μαθητές μπορούν να χειριστούν νοητικά έναν αόρατο κύβο, κόβοντάς τον σε μικρότερους κύβους και στη συνέχεια ανασυνθέτοντας τις νοηματικές αναπαραστάσεις με το ξύλινο μοντέλο. Για να βοηθηθούν οι μαθητές να ανακαλύψουν μοτίβα και να γενικεύσουν έννοιες, η νοηματική περιγραφή του κύβου μπορεί να επαναλαμβάνεται και να εφαρμόζεται σε άλλους κυβικούς αριθμούς, όπως 8, 27 ή ακόμα και 1000.

Για πιο βαθιά ανάλυση της γεωμετρικής δομής του κύβου, μπορεί να είναι χρήσιμο να ενσωματωθούν σχέδια ή σκαριφήματα στο GeoGebra στην νοηματική παρουσίαση του προβλήματος, ή να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά στιγμιότυπα που παρουσιάζονται ως αφήγηση εικόνων της εργασίας (βλ. Εικόνα 2). Τέλος, ενθαρρύνουμε τους δασκάλους, ως ειδικούς στον τομέα, να παρέχουν κριτικά σχόλια και να δημιουργούν πρόσθετα παραδείγματα που λαμβάνουν υπόψη τις ειδικές δεξιότητες και ανάγκες των μεμονωμένων μαθητών.



[JS video](#)



[DGS
video](#)

Βιβλιογραφία

- Affolter W., Amstad, H., Beerli, G., Doebeli, M., Hurschler H., Jaggi, B., Jundt, W., Krummenacher, R., Nydegger, A., Wälti, B. & Wieland, G. (2011). *Das Mathematikbuch 7*. Ernst Klett Verlag.
- Angeloni, F., Wille, A. M., & Hausch, C. (2022). Signing about elementary algebra in Austrian Sign Language: What signs of the notion of variable can represent. In J. Hodgen, E. Geraniou, G. Bolondi & F. Ferretti. (Eds.), *Proceedings of the Twelfth Congress of European Research Society in Mathematics Teaching (CERME12)* (pp.4218–4225). Free University of Bozen-Bolzano and ERME. <https://hal.science/hal-03765017>.
- Angeloni, F. (2023). Gebärden über Variablen unter dem Gegenstandsaspekt. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2022* (pp. 529–532). WTM Verlag. <https://doi.org/10.17877/DE290R-23545>.
- Angeloni, F., Wille, A. M., & Hausch, C. (2023). Representation of numbers and variables in Austrian Sign Language. In P. Drijvers, C. Csapodi, H. Palmér, K. Gosztonyi, & E. Kónya (Eds.), *Proceedings of the Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)* (pp. 4385–4392). Alfréd Rényi Institute of Mathematics and ERME.
- Angeloni, F. (submitted). Die Ikonizität der Gebärden über Variablen unter dem Einsetzungsaspekt. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2024*.
- Angeloni, F., & Wille, A. M. (2022). Bimodal-bilinguale Lernumgebungen: der Satz des Pythagoras in Österreichischer Gebärdensprache. *Das Zeichen*, 36(118), 134-147. Retrieved from <https://www.das-zeichen.online/hefte/dz-118/bimodal-bilinguale-lernumgebungen-der-satz-des-pythagoras-in-oesterreichischer-gebaerdensprache/>.
- Aspinwall, L., Shaw, K.L., & Presmeg, N.C. (1997). Uncontrollable mental imagery: graphical connections between a function and its derivative. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 301-317, <https://doi.org/10.1023/A:1002976729261>.
- Barth, I., Illmer, B., Robert Jasko, R., Löffler, J., & Uta, M. (2022). Entwicklung eines MINT-Fachgebärdenslexikons: Von der Idee bis zur Umsetzung des „Sign2MINT“-Projekts. *Das Zeichen*, 36(119), 150–176.
- Becker, C. (2019). Inklusive Sprachbildung. Impulse aus der Gebärdensprach- und Audiopädagogik. In L. Rödel, & T. Simon, *Inklusive Sprach(en)bildung. Ein interdisziplinärer Blick auf das Verhältnis von Inklusion und Sprachbildung*, 72- 86. Forschung Klinkhardt. Retrieved from <https://elibrary.utb.de/doi/pdf/10.35468/9783781557512>.
- Becker, N. (2006). *Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik*. Klinkhardt Forschung. Retrieved from https://www.pedocs.de/volltexte/2012/5580/pdf/Becker_2006_Neurowissenschaftliche_Herausforderung_D_A.pdf.
- Blatto-Vallee, G., Kelly, R. R., Gaustad, M. G., Porter, J., & Fonzi, J. (2007). Visual spatial representation in mathematical problem solving by deaf and hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(4), 432–448, <https://doi.org/10.1093/deafed/enm022>
- Bogdanova, T. (2021). Sign Language and Psychological Development of Deaf Children: State-of-the-Art (Foreign Studies Review). *Clinical psychology and special education*, 10(2), 3-22. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0002-5886-6494>.
- Bogdanova, T.G. (2021). Žestovaja reč' i psihičeskoe razvitie gluchich detej: sovremennoe sostojanie voprosa (obzor zarubežnych issledovanij), *Kliničeskaja i special'naja psihologija*, 10 (2), 3–22, <https://doi.org/10.17759/cpse.2021100202>.
- Brennan, M. (2000) Fair assessment for deaf candidates: A report to the Scottish Qualifications Authority. University of Edinburgh. https://www.sqa.org.uk/files_ccc/FairAssessment_MaryBrennan.pdf
- Brien. D. (ed) (1993) *The Dictionary of British Sign Language*, Faber & Faber, London.

- Cameron, A., Quinn, G. and O'Neill, R. (2012) Development of Physics and Engineering Signs in British Sign Language. Final Report to the STEM Disability Committee and the Royal Academy of Engineering. SSC.
- Cameron, A. (2015) The development of astronomy signs and analysis of impact on deaf and hearing communities. Conference paper: Projeto Surdos: Simposio Caminhos da Inclusao at UFRJ, Rio de Janeiro. https://www.researchgate.net/publication/281593745_The_development_of_astronomy_signs_and_analysis_of_impact_on_deaf_and_hearing_communities
- Cameron, A., O'Neill, R., & Quinn, G. (2017). Deaf students using sign language in mainstream science classrooms. In Oliveira, A. & Weinburgh, M. (Eds.), Science Teacher Preparation in Content-Based Second Language Acquisition (pp. 341-360). Springer.. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43516-9>
- Cameron, A., O'Neill, R. and Quinn, G. (2019) 'Deaf Scientists create new technical terminology in British Sign Language', Physiology News, v115, p26.
- Cameron, A. (2024). Signing to Know research (2021-2026) – classroom observations of dialogue.
- Campbell, K.J., Collis, K.F., & Watson, J. (1995). Visual processing during mathematical problem solving. Educational Studies in Mathematics, 28, 177-194, <https://doi.org/10.1007/BF01295792>.
- Chen, L., & Wang, Y. (2020). The contribution of general cognitive abilities and specific numerical abilities to mathematics achievement in students who are deaf or hard-of-hearing. Journal of Developmental and Physical Disabilities, 33, 771 – 787, <https://doi.org/10.1007/s10882-020-09772-8>.
- Chen, L. (2022). Spatial ability and mathematics achievement in deaf children: the mediating role of processing Speed and Intelligence. Journal of Developmental and Physical Disabilities 34, 399–415, <https://doi.org/10.1007/s10882-021-09805-w>.
- Clark, K., Sheikh, A., Swartzenberg, J., Gleason, A., Cummings, C., Dominguez, J., Mailhot, M., & Collison, C. G. (2021). Sign Language Incorporation in Chemistry Education (SLICE): Building a Lexicon to Support the Understanding of Organic Chemistry. Journal of chemical education, 99(1), 122–128. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01368>
- Cohen, S. (2024). Using a Language Community to Unlock the Abstractness of Signed Language. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 29(2), 282-283.
- D'jačkov, A. (1961). Cistemy obučeníja gluchich detej. Akademija pedagogičeskich nauk RSFCR.
- De Jong, O. and Taber, K. S. Teaching and Learning the Many Faces of Chemistry. In Handbook of research in science education; Abell, S. K., Lederman, N. G., Eds.; Routledge: New York, 2007; pp 631– 652.
- Devlin, K. J. (1998). *Muster der Mathematik: Ordnungsgesetze des Geistes und der Natur*. Spektrum.
- Di Luca, S., & Pesenti, M. (2011). Finger numeral representations: More than just another symbolic code. *Frontiers in psychology*, 2, 28-30. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00272>.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. Educational Researcher, 23(7), 5-12.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2014). Making Sense of Secondary Science: Research into children's ideas (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315747415>
- Edwards, A., Edwards, L. & Langdon, D. (2013). The mathematical abilities of children with cochlear implants. *Child neuropsychology: a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*, 19(2), 127–142. <https://doi.org/10.1080/09297049.2011.639958>.
- Emmorey K. (2023). Ten things you should know about sign languages. Current directions in psychological science, 32(5), 387–394, <https://doi.org/10.1177/09637214231173071>
- Enderle, P., Cohen, S., & Scott, J. (2020). Communicating about science and engineering practices and the nature of science: An exploration of American Sign Language resources. Journal of Research in Science Teaching, 57(6), 968-995.
- Fleri, V. I. (1835). *Deaf-mutes considered in relation to their condition and to the modes of education that are inherent in their nature*. Plushar.

- Flores, A. and Rumjanek, V. (2015) Teaching Science to Elementary School Deaf Children in Brazil. *Creative Education*, 6, 2127-2135. doi: 10.4236/ce.2015.620216.
- Frick, A. (2019) Spatial transformation abilities and their relation to later mathematics performance. *Psychological Research*, 83, 1465–1484, <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1008-5>
- Gates, P. (2017). The Importance of Diagrams, Graphics and Other Visual Representations in STEM Teaching. In *STEM Education in the Junior Secondary* (pp. 169–196). Springer Singapore Pte. Limited.
- Groninger, H. Sieprath, H. (2019). Visuelles Begreifen mit der Signcreative Spiel- und Lernplattform. In S. Hornäk et. al. (Eds.). In der Praxis: Inklusive Möglichkeiten künstlerischen und kunstpädagogischen Handelns (pp. 71-80). Kopaed.
- Grote, K., & Kramer, F. (2009). Haben Gehörlose beim Rechnen mehr Schwierigkeiten als Hörende? *Das Zeichen*, 22(82), 276-283.
- Grote, K., & Linz, E. (2003). The influence of sign language iconicity on semantic conceptualization. In W. G. Olga Fischer, *From sign to signing*, 23–40. John Benjamins. Retrieved from <https://doi.org/10.1075/ill.3>.
- Grote, K., Sieprath, H., & Staudt, B. (2018). Deaf Didaktik? Weshalb wir eine spezielle Didaktik für den Unterricht in Gebärdensprache benötigen. In *DAS ZEICHEN. Zeitschrift für Sprache und Kultur Gehörloser. Vol. 110* (pp. 426–437).
- Grote, K., Sieprath, H. & Staudt, B. (2018). Deaf Didaktik? Weshalb wir eine spezielle Didaktik für den Unterricht in Gebärdensprache benötigen. *Das Zeichen: Zeitschrift für Sprache und Kultur Gehörloser*, 32(110), 2-13.
- Hansen, E. G., Loew, R. C., Laitusis, C. C., Kushalnagar, P., Pagliaro, C. M., & Kurz, C. (2018). Usability of American Sign Language Videos for Presenting Mathematics Assessment Content. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 23(3), 284–294. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/eny008>.
- Hänel-Faulhaber, B., Schäfer, K., & Werner, V. (2023). Leitlinien guter Unterricht. Mathematiklernen im Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation. (BDH, Ed.) Retrieved from <https://bdh-guter-unterricht.de/fachdidaktiken/math>.
- Hänel-Faulhaber, B., Schäfer, K., Werner, V. (2023). *Mathematiklernen im Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation. Leitlinien guter Unterricht*. Arbeitskreis Unterricht, Berufsverband Deutscher Hörgeschädigtenpädagogen e. V. <https://bdh-guter-unterricht.de/fachdidaktiken/mathematik>.
- Henner, J., Pagliaro, C., Sullivan, S., & Hoffmeister, R. (2021). Counting Differently: Assessing Mathematics Achievement of Signing Deaf and Hard of Hearing Children Through a Unique Lens. *American annals of the Deaf*, 166(3), 318-341. Retrieved from <https://doi.org/10.1353/aad.2021.0023>.
- Hickman, J. (2013). Using British Sign Language (BSL) in science education. Guest Royal Society of Biology Blog <https://blog.rsb.org.uk/using-british-sign-language-bsl-in-science-education/>
- Higgins, J. A., Famularo, L., Cawthon, S. W., Kurz, C. A., Reis, J. E., & Moers, L. M. (2016). Development of American Sign Language Guidelines for K-12 Academic Assessments. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 21(4), 383-393. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/enw051>.
- Höst G., Schönborn K.J., and Tibell L. (2022) Visual images of the biological microcosmos: Viewers' perception of realism, preference, and desire to explore. *Front. Educ.* 7:933087. doi 10.3389/educ.2022.933087
- Jaškova, N. V. (1998) Nagljadnoe myšlenie gluchich detej. Pedagogika.
- Jäger, J., Schupp, H. (1983). Curriculum Stochastik in der Hauptschule. Schöningh.
- Johnson, M. (1987). *The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason*. University of Chicago Press.
- Johnstone A. H., (1991), Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, *J. Comput. Assist. Lear.*, 7, 75–83.
- Joice, W. and Tetlow, A. (2021) Jisc: Disability STEM data for students and academic staff in higher education 2007/08 – 2018/19 – research conducted on behalf of the Royal Society. P 9.

<https://royalsociety.org/-/media/policy/topics/diversity-in-science/210118-disability-stem-data-for-students-and-staff-in-higher-education.pdf> <https://royalsociety.org/about-us/who-we-are/diversity-inclusion/disability-reports/>

- Jones, L. (2014). Developing Deaf Children's Conceptual Understanding and Scientific Argumentation Skills: A Literature Review. *Deafness & Education International*, 16(3), 146–160. <https://doi.org/10.1179/1557069X13Y.0000000032>
- Känguru der Mathematik. (2022). Adventskalender in Gebärdensprache. <https://www.mathe-kaenguru.de/advent/gebaerden/index.html>.
- Khokhlova, A. (2013). Role of sign language in intellectual and social development of deaf children: Review of foreign publications. *Journal of modern foreign psychology*, 2(4), 59–68. Retrieved from https://psyjournals.ru/en/journals/jmfp/archive/2013_n4/65488.
- Kiernan, N., Manches, A., & Seery, M. K. (2021). The role of visuospatial thinking in students' predictions of molecular geometry. *Chemistry Education Research and Practice*, v22, p. 626-639. <https://doi.org/10.1039/D0RP00354A>
- Kiernan, N., Manches, A., & Seery, M. (2024) Resources for reasoning of chemistry concepts: multimodal molecular geometry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2024, 25, 524
- Kolmogorov, A. N. (2001). O razvitii matematičeskich sposobnostej. Pis'mo V. A. Kruteckomu, *Voprosy psichologii*, 3, 103-106, https://kolmogorov.info/o_razvitii_matemat_sposobnostey.html
- Korvorst, M., Nuerk, H.-C., & Willmes, K. (2007). The Hands Have It: Number Representations in Adult Deaf Signers. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(3), 362-372. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/enm002>.
- Krajewski, K. (2018). *MBK 0. Test mathematischer Basiskompetenzen im Kindergartenalter*. Hogrefe.
- Krause, C. M. (2016). DeafMath – Ein Projekt zum Einfluss der Gebärdensprache auf Mathematikverständnis. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2016. Vorträge auf der 50. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 07.03.2016 bis 11.03.2016 in Heidelberg* (pp. 577–580). WTM Münster.
- Krause, C. M. (2017). DeafMath: Exploring the influence of sign language on mathematical conceptualization. In Dooley, T., & Gueudet, G. (Eds.), *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME10, February 1-5, 2017)* (pp. 1316–1323). Dublin, Ireland: DCU Institute of Education and ERME.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. University of Chicago Press.
- Kultusministerkonferenz. (2003). Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 4.12.2003. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Bildungsstandards-Mathe-Mittleren-SA.pdf.
- Kultusministerkonferenz. (2004). Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004, i.d.F. vom 23.06.2022. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf.
- Kurz, C., & Pagliaro, C. M. (2019). Using L1 sign language to teach mathematics. In *The Routledge handbook of sign language pedagogy* (pp. 85-99). Routledge.
- Kusters, A., & Hou, L. (2020). Linguistic Ethnography and Sign Language Studies. *Sign Language Studies* 20(4), 561-571. <https://doi.org/10.1353/sls.2020.0018>.
- Kutscher, S. (2010). Ikonizität und Indexikalität im gebärdensprachlichen Lexikon – Zur Typologie sprachlicher Zeichen. *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, 29(1), 79-109. Retrieved from <https://doi.org/10.1515/zfs.2010.003>.

- Lang, H. G., Hupper, M. L., Monte, D. A., Brown, S. W., Babb, I., & Scheifele, P. M. (2007). A study of technical signs in science: implications for lexical database development. *Journal of deaf studies and deaf education*, 12(1), 65–79. <https://doi.org/10.1093/deafed/enl018>
- Langdon, C., C Kurz, C., & Coppola, M. (2023). The Importance of Early Number Concepts for Learning Mathematics in Deaf and Hard of Hearing Children. *Perspectives on early childhood psychology and education*, 5(2). Retrieved from <https://digitalcommons.pace.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1061&context=perspectives>.
- Leikin, R. (2021). When practice needs more research: the nature and nurture of mathematical giftedness. *Zdm*, 53, 1579 – 1589, <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01276-9>.
- Leybaert, J., & Van Cutsem, M.-N. V. (2002). Counting in sign language. *Journal of experimental child psychology*, 81(4), 482–501. Retrieved from <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2660>.
- Lindahl, C. (2015). Tecken av betydelse: En studie av dialog i ett multimodalt, Teckenspråkigt tvåspråkigt NO-klassrum. (PhD dissertation, Institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik, Stockholms universitet). Retrieved from <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-119363>
- Lindahl, C. (2021). 6 Sign Bilingualism as Semiotic Resource in Science Education: What Does It Mean?. In K. Snoddon & J. Weber (Ed.), *Critical Perspectives on Plurilingualism in Deaf Education* (pp. 129–148). Bristol, Blue Ridge Summit: Multilingual Matters. <https://doi.org/10.21832/9781800410756-009>
- Loots, G., Devisé, I., & Jacquet, W. (2005). The impact of visual communication on the intersubjective development of early parent-child interaction with 18- to 24-month-old deaf toddlers. *The journal of Deaf studies and Deaf education*, 10(4), 357–375. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/eni036>.
- Lualdi, C. P., Spiecker, B., & Clark, A. K. (2023). Advancing scientific discourse in American Sign Language. *Nature Reviews Materials*, 8(10), 645–650. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/s41578-023-00575-9>.
- Lualdi, C.P., Spiecker, B., Wooten, A.K. et al. Advancing scientific discourse in American Sign Language. *Nat Rev Mater* 8, 645–650 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41578-023-00575-9>
- Malle, G. (1993). *Didaktische Probleme der elementaren Algebra*. Springer.
- Marschark, M., & Knoors, H. (2012). Sprache, Kognition und Lernen – Herausforderungen an die Inklusion gehörloser und schwerhöriger Kinder. In M. Hintermair, *Diskurs über das Dazugehören und Ausgeschlossensein im Kontext besonderer Wahrnehmungsbedingungen*, 129–176. Median.
- Marschark, M., Paivio, A., Spencer, L. J., Durkin, A., Borgna, G., Convertino, C., & Machmer, E. (2017). Don't Assume Deaf Students are Visual Learners. *Journal of developmental and physical disabilities*, 29(1), 153–171. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10882-016-9494-0>.
- Marschark, M., Spencer, L. J., Durkin, A., Borgna, G., Convertino, C., Machmer, E., Kronenberger, W. G., & Trani, A. (2015). Understanding language, hearing status, and visual-spatial skills. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 20(4), 310–330, <https://doi.org/10.1093/deafed/env025>
- Masataka, N. (2006). Differences in Arithmetic Subtraction of Nonsymbolic Numerosities by Deaf and Hearing Adults. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 139–143. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/enj016>.
- Masataka, N., Ohnishi, T., Imabayashi, E., Hirakata, M., & Matsuda, H. (2006). Neural Correlates for Numerical Processing in the Manual Mode. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 144–152. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/enj017>.
- Meara, R., Cameron, A., Quinn, G., and O'Neill, R. (2016) Development of Geography and Geology Terminology in British Sign Language. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 18, EGU2016-12390, 2016. EGU General Assembly 2016 <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-12390.pdf>

- Mercer, N., & Littleton, K. (2007). Dialogue and the development of children's thinking : a sociocultural approach. Routledge, London & New York.
- Morford, J. (1996). Insights to Language from the Study of Gesture: a Review of Research on the Gestural Communication of Non-signing Deaf People. *Language & communication*, 16(2), 165–178. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0271-5309\(96\)00008-0](https://doi.org/10.1016/0271-5309(96)00008-0).
- NASA Science (n.d.)
- Mercury Facts: <https://science.nasa.gov/mercury/>
- Venus Facts: <https://science.nasa.gov/venus/>
- Earth Facts: <https://science.nasa.gov/earth/facts/>
- Mars Facts: <https://science.nasa.gov/mars/>
- Jupiter Facts: <https://science.nasa.gov/jupiter/>
- Saturn Facts: <https://science.nasa.gov/saturn/>
- Uranus Facts: <https://science.nasa.gov/uranus/facts/>
- Neptune Facts: <https://science.nasa.gov/neptune/facts/>
- Neville, H. J., Bavelier, D., Corina, D., Rauschecker, J., Karni, A., Lalwani, A., Turner, R. (1998). Cerebral organization for language in deaf and hearing subjects: biological constraints and effects of experience. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3), 922–929. Retrieved from <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.922>.
- Nineteenth Annual Report of the Columbia Institution for the Deaf and Dumb. (1876). *Gallaudet University Annual Report from 1858 to 1967*. Government Printing Office. Retrieved from <https://archive.org/details/ANNUALREPORT-Gallaudet-1876/mode/2up>.
- Niss, M. (2019). The very multi-faceted nature of mathematics education research. For the Learning of Mathematics, 39(2), 2-7, <https://www.jstor.org/stable/26757463>.
- Nordheimer, S., Marlow, A., Scholtz, J. (2024, 20.-23. February). Fostering mathematical creativity and talents with mathematical problems and competitions in German Sign Language. [Conference contribution]. The 13th International Group for Mathematical Creativity and Giftedness (IMCGC), Bloemfontein, South Africa.
- Nunes, T. (2004). *Teaching mathematics to deaf children*. Whurr.
- Nunes, T., & Moreno, C. (1998). The Signed Algorithm and Its Bugs. *Educational studies in mathematics*, 35(1), 85-92. Retrieved from <https://doi.org/10.1023/A:1003061009907>.
- Nunes, T. (2020). Deaf Children, Special Needs, and Mathematics Learning. In S. Lerman, *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 181-183). Springer, Cham. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_42.
- Nunes, T., & Moreno, C. (2002). An intervention program for promoting deaf pupils' achievement in mathematics. *The journal of Deaf studies and Deaf Education*, 7(2), 120-133. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/7.2.120>.
- O'Neill, R., Quinn, G., & Cameron, A. (2019). Learning the lingo: How deaf scientists create new technical terminology in British Sign Language. *Physiology News*, (115), 26. <https://www.physoc.org/magazine-articles/learning-the-lingo-how-deaf-scientists-create-new-technical-terminology-in-british-sign-language/>
- O'Neill, R., Cameron, A., Burns, E., & Quinn, G. (2020). Exploring alternative assessments for signing deaf candidates. *Psychology in the Schools*, 57(3), 344-361.
- Pabis, S., & Catalano, J. (2023). Explicit and Contextualized Math Vocabulary Instruction With Deaf and Hard-of-Hearing Students,. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 28(4), 424–425. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed>.

- Pagliaro, C. M. & Kritzer, K. L. (2013). The Math Gap: a description of the mathematics performance of preschool-aged deaf/hard-of-hearing children. *Journal of deaf studies and deaf education*, 18(2), 139–160. <https://doi.org/10.1093/deafed/ens070>.
- Papaspyrou, C., Meyenn, A. v., Matthaei, M., & Herrmann, B. (2008). *Grammatik der Deutschen Gebärdensprache aus der Sicht gehörloser Fachleute*. Signum.
- Parasnis, I., Samar, V.J., Bettger, J., & Sathe, K. (1996). Does deafness lead to enhancement of visual spatial cognition in children? Negative evidence from deaf nonsigners. *Journal of deaf studies and deaf education*, 1(2), 145-52, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.deafed.a014288>.
- Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2010). Spatial versus object visualisation: The case of mathematical understanding in three-dimensional arrays of cubes and nets. *International Journal of Educational Research*, 49, 102-114, <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2010.10.001>
- Polya, G. (1969). *Mathematik und Plausibles Schließen*. Wissenschaft und Kultur.
- Presmeg, N.C. (1986). Visualisation and mathematical giftedness. *Educational Studies in Mathematics*, 17, 297-311, <https://doi.org/10.1007/BF00305075>.
- Quinn, G., Cameron, A., and O'Neill, R. (2021). Signing the times: Enforced oralism in deaf education has left BSL lacking signs for specialist concepts. *NEWSLI Magazine (UK)*, pp. 27-31.
- Rainò, P., & Halkosaari, O. A. (2018). The deaf way of interpreting mathematical concepts. In C. Stone (Ed), *Deaf interpreting in Europe. Exploring best practice in the field*, 10-20. Danish Deaf Association. Retrieved from <https://ddl.dk/wp-content/uploads/DEAF-INTERPRETING-IN-EUROPE-2017.pdf>.
- Rathmann, C. (2025). An example of a task from stochastics with German Sign language.
- Rathmann, C. (2022, 10. February). Creation of technical signs in German Sign Language. Iconic and linguistic strategies and application. Workshop Signs Neologisms. Athens, Greece.
- Rathmann, C., Mann, W. and Morgan, G. (2007). Narrative structure and narrative development in deaf children. *Deafness Educ. Int.*, 9, 187-196.
- Raven, S., & Whitman, G. M. (2019). Science in Silence: How Educators of the Deaf and Hard-of-Hearing Teach Science. *Research in Science Education (Australasian Science Education Research Association)*, 49(4), 1001–1012. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9847-7>
- Reid, N. (2021). The Johnstone triangle : the key to understanding chemistry / Norman Reid. Royal Society of Chemistry.
- Rosanova, T. (1991). *The development of abilities in deaf children*. Pedagogika.
- Rozanova, T. V (1991). Razvitie sposobnostej gluchich detej. Pedagogika.
- Rozanova, T. V. (1978). Razvitie pamjati i myšlenija gluchich detej. Pedagogika.
- Rosanova, T. (1978). *The development of memory and thinking of deaf children*. Pedagogika.
- Rosanova, T. (1971). Memory. In I. Solovjev, Z. Shif, T. Rosanova, & N. Yashkova, *The psychology of deaf children*, 87-124. Enlightenment.
- Rozanova, T. V. (1966). Psihologija rešenija zadač gluchimi škol'nikami. Prosveščenie.
- Roth, J. (2013). Vernetzen als durchgängiges Prinzip – Das Mathematik-Labor „Mathe ist mehr“. In A. S. Steinweg (Ed.), *Mathematik vernetzt. Band 3 der Reihe „Mathematikdidaktik Grundschule“* (pp. 65-80), University of Bamberg Press.
- Ruf, U., & Gallin, P. (1999). *Ich mache das so! Wie machst du es? Das machen wir ab. Sprache und Mathematik, 4.-5. Schuljahr bzw. 5.-6. Schuljahr*. Lehrermittelverlag.
- Santos, S., Brownell, H., Coppola, M., & Cordes, A. S. (2023). Language experience matters for the emergence of early numerical concepts. *NPJ science of learning*, 8(1). Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00202-w>.

- Santos, S., & Cordes, S. (2022). Math abilities in deaf and hard of hearing children: The role of language in developing number concepts. *Psychological Review*, 129(1), 199-211. Retrieved from <https://doi.org/10.1037/rev0000303>.
- Scott, J., Henner, J., & Skyer, M. (2023). Six Arguments for Vygotskian Pragmatism in Deaf Education: Multimodal Multilingualism as Applied Harm Reduction. *American annals of the Deaf*, 168(1), 56-79.
- Schäfer, Karolin & Gohmann, Laura & Westerhoff, Helena & Schindler, Maike. (2022). Gebärdensprachvideos als Hilfe beim Bearbeiten mathematischer Textaufgaben bei gehörlosen Schüler:innen: Eine schulische Intervention mit Tablet-Computern. 118, 1-18.
- Secora, K., & Emmorey, K. (2020). Visual-Spatial Perspective-Taking in Spatial Scenes and in American Sign Language. *Journal of deaf studies and deaf education*, 25(4), 447-456, <https://doi.org/10.1093/deafed/enaa006>.
- Sign Language Dictionary (2018). SpreadTheSign. <https://www.spreadthesign.com>.
- Sill, H.-D. & Kurtzmann, G. (2019). *Didaktik der Stochastik in der Primarstufe*. Springer Spektrum.
- Skyer, M.E. (2023). Multimodal transduction and translanguaging in deaf pedagogy. *Languages*, 8(2), 27-167, <https://doi.org/10.3390/languages8020127>.
- Soeharto, S., & Csapó, B. (2021). Evaluating item difficulty patterns for assessing student misconceptions in science across physics, chemistry, and biology concepts. *Heliyon*, 7(11).
- STEM in Sign Language. (2023). Mathe-Adventskalender in DGS. <https://stemsil.eu/mathe-adventskalender/?lang=de>.
- Sture, T. K. (1984) Osobennosti razvitija myšlenija gluchich učaščichsja pri rešenii zabač po fizike. Akademija pedagogičeskich nauk RSFSR.
- Suchova, V. B. (1966). Obučenie nagljadnoj geometrii v škole dlja gluchich. Akademija pedagogičeskich nauk RSFSR.
- Suchova, V. (1966). *Teaching visual geometry in a school for the deaf*. Academy of Pedagogical Sciences of the RSFSR.
- Suchova, V. (2002). Teaching Mathematics in Preparatory-IV Grades of Schools for Deaf and Hard of Hearing Children. Textbook for universities / V.B. Sukhova. - Moscow : Academy; 184.
- Szűcs, K. (2019, 6.-10. February). Do hearing-impaired students learn mathematics in a different way than their hearing peers? – A review. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Utrecht, Netherlands
- Tabak, J. (2014). What Is Higher Mathematics? Why Is It So Hard to Interpret? What Can Be Done? *Journal for interpretation*, 23(1), 1-18. Retrieved from <https://digitalcommons.unf.edu/joi/vol23/iss1/5>.
- Tabak, J. (2016). On the Expression of Higher Mathematics in American Sign Language. *Journal of interpretation*, 25(1), 1-19. Retrieved from <https://digitalcommons.unf.edu/joi/vol25/iss1/10>.
- Taber, K. (2012). Teaching secondary chemistry. London: Hodder Education.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Thom, J.S., & Hallenbeck, T. (2021). Spatial reasoning in mathematics: A cross-field perspective on deaf and general education research. *Deafness & Education International*, 24, 127 –159, <https://doi.org/10.1080/14643154.2020.1857539>.
- Vernon, M. (2005). Fifty Years of Research on the Intelligence of Deaf and Hard-of-Hearing Children: A Review of Literature and Discussion of Implications. *The journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 10(3), 225—231.
- Vernon, M., & Wallrabenstein, J. M. (1984). The Diagnosis of Deafness in a Child. *Journal of communicational disorders*, 17(1), 1-8.

- Villwock, A., Wilkinson, E., Piñar, P., & Morford, J. P. (2021). Language development in deaf bilinguals: Deaf middle school students co-activate written English and American Sign Language during lexical processing. *Cognition*, 211. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104642>.
- Walker, K., Carrigan, E., & Coppola, M. (2024). Early access to language supports number mapping skills in deaf children. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 29(1), 1-18. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/deafed/enad045>.
- Wauters, L., Pagliaro, C., Kritzer, K. L., & Dirks, E. (2023). Early mathematical performance of deaf and hard of hearing toddlers in family-centred early intervention programmes. *Deafness & Education International*, 26(2), 190–207. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/14643154.2023.2201028>.
- Weber, D., Beumann, S., & Benölken, R. (2023, 10.-14. July). Teachers' view of twice-exceptional students – outline of the challenges in recognizing mathematical giftedness and supporting needs of hearing impairment. Conference: Proceedings of the 13th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME), Budapest, Hungary.
- Weigand, H.-G., Filler, A., Hölzl, R., Kuntze, S., Ludwig, M., Roth, J., Schmidt-Thieme, B., & Wittmann, G. (2018). *Didaktik der Geometrie für die Sekundarstufe I*. Springer Spektrum.
- Werner, V. (2010). Zum numerischen Zahlenverständnis von gehörlosen Grundschulern (Teil II). *Das Zeichen*, 24(85), 276–289. Retrieved from <https://www.das-zeichen.online/hefte/dz-085/zum-numerischen-zahlenverstaendnis-von-gehoerlosen-grundschulern/>.
- Werner, V., & Hänel-Faulhaber, B. (2024). Numerische Kompetenzen tauber Schulanfänger_innen in Deutscher Gebärdensprache (DGS). *Lernen und Lernstörungen*, 13(3), 123-135. Retrieved from <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000449>.
- Werner, V., & Hänel-Faulhaber, B. (2024, 7.-14. July). Do Numbers in German Sign Language Support the Development of Counting Skills? *15th International Congress on Mathematical Education*. Sydney, Australien.
- Werner, V., & Hänel-Faulhaber, B. (2022, 29. August - 02. September). Löseverhalten tauber und hörender Kinder beim Reparieren von Reihen- und Kreismusterfolgeaufgaben – erste Ergebnisse. *56. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM)*. Frankfurt am Main, Germany.
- Werner, V., Masius, M., Ricken, G., & Hänel-Faulhaber, B. (2019). Mathematische Konzepte bei gehörlosen Vorschulkindern und Erstklässlern. *Lernen und Lernstörungen*, 8(3), 155–165. Retrieved from <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000216>.
- Wille, A. (2020). Mathematische Gebärden der Österreichischen Gebärdensprache aus semiotischer Sicht. In G. Kadunz, *Zeichen und Sprache im Mathematikunterricht*, 193–214. Springer Spektrum. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-662-61194-4_9.
- Wille, A. M. (2020). Mathematische Gebärden der Österreichischen Gebärdensprache aus semiotischer Sicht. In Kadunz, G. (Eds.), *Zeichen und Sprache im Mathematikunterricht*. Springer Spektrum.
- Winkenbach, B. (2011). Die Käferwanderung auf dem Würfel. *Stochastik in der Schule*, 31, 23–27.
- Wittmann, E. Ch. (2001). Grundkonzeption des Zahlenbuchs. In Wittmann et al. (Eds.), *Das Zahlenbuch: Mathematik im 1. Schuljahr: Lehrerband*. Klett. <https://www.mathe2000.de/sites/default/files/das-zahlenbuch-grundkonzeption.pdf>.
- Wille, A. (2018, 5.-9. March). Materialien für den Mathematikunterricht gehörloser Schülerinnen und Schüler. *52. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik und der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (GDMV)*. Paderborn, Germany.
- Wille, A. (2019). Gebärdensprachliche Videos für Textaufgaben im Mathematikunterricht: Barrieren abbauen und Stärken gehörloser Schülerinnen und Schüler nutzen. *Mathematik differenziert*, 2019(3), 38-44. Retrieved from <https://www.westermann.de/anlage/4617337/Gebaerdensprachliche-Videos-fuer-Textaufgaben-im-Mathematikunterricht-Barrieren-abbauen-und-Staerken-gehoerloser-Schuelerinnen-und-Schueler-nutzen>.

- Wille, A. (2019, 3-8. March). Einsatz von Materialien zur Bruchrechnung für gehörlose Schülerinnen und Schüler im inklusiven Mathematikunterricht. *53. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM)*. Regensburg, Germany.
- Wille, A. M. (2008). Aspects of the concept of a variable in imaginary dialogues written by students. In O. Figueras, J. Cortina, S. Alatorre, T. Rojano & A. Sepúlveda (Eds.), *Proceedings of the 32nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME32)*. Vol. 4. (pp. 417–424). Cinvestav-UMSNH, Mexico: PME.
- Yashkova, N. (1988). *Visual thinking of deaf children*. Pedagogika.
- Zajceva, G. L. (2000) *Žestowaja reč'*. VLADOC.
- Zarfaty, Y., Nunes, T., & Bryant, P.E. (2004). The performance of young deaf children in spatial and temporal number tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(3), 315-26, <https://doi.org/10.1093/deafed/enh034>.

