

Tag der Mathematik – Pädagogische Hochschule Steiermark  
3. Februar 2022

# NUMERISCHE KOGNITION UND DYSKALKULIE

## EINBLICKE AUS DER NEUROWISSENSCHAFT

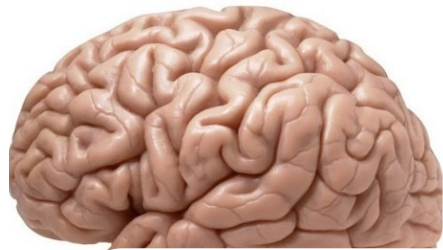
---

Dr. phil. Ursina McCaskey  
Zentrum für MR-Forschung  
Universitäts-Kinderspital Zürich

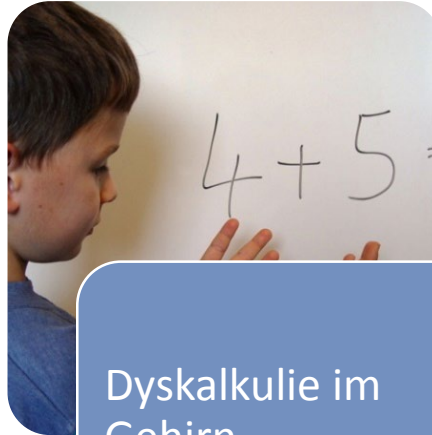
# Zahlen im Alltag



# Inhalt



Das rechnende  
Gehirn



Dyskalkulie im  
Gehirn



Diagnostik,  
Prävention &  
Intervention

# Eine einfache Rechnung?

$$12 + 9 = 21$$

# Numerische Kognition

Denkprozesse, die mit dem Verstehen und Verarbeiten von Zahlen sowie dem Ausführen von Rechenoperationen zu tun haben

⇒ zahlreiche Teilkomponenten

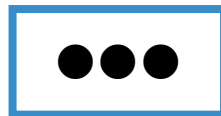
## Basiskompetenzen:



Struktur des  
Zahlensystems

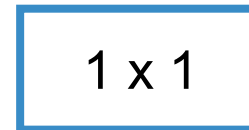


Transkodieren



Größenrepräsentation

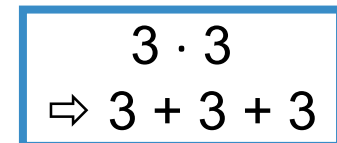
## Rechenfertigkeiten:



Arithmetisches  
Faktenwissen

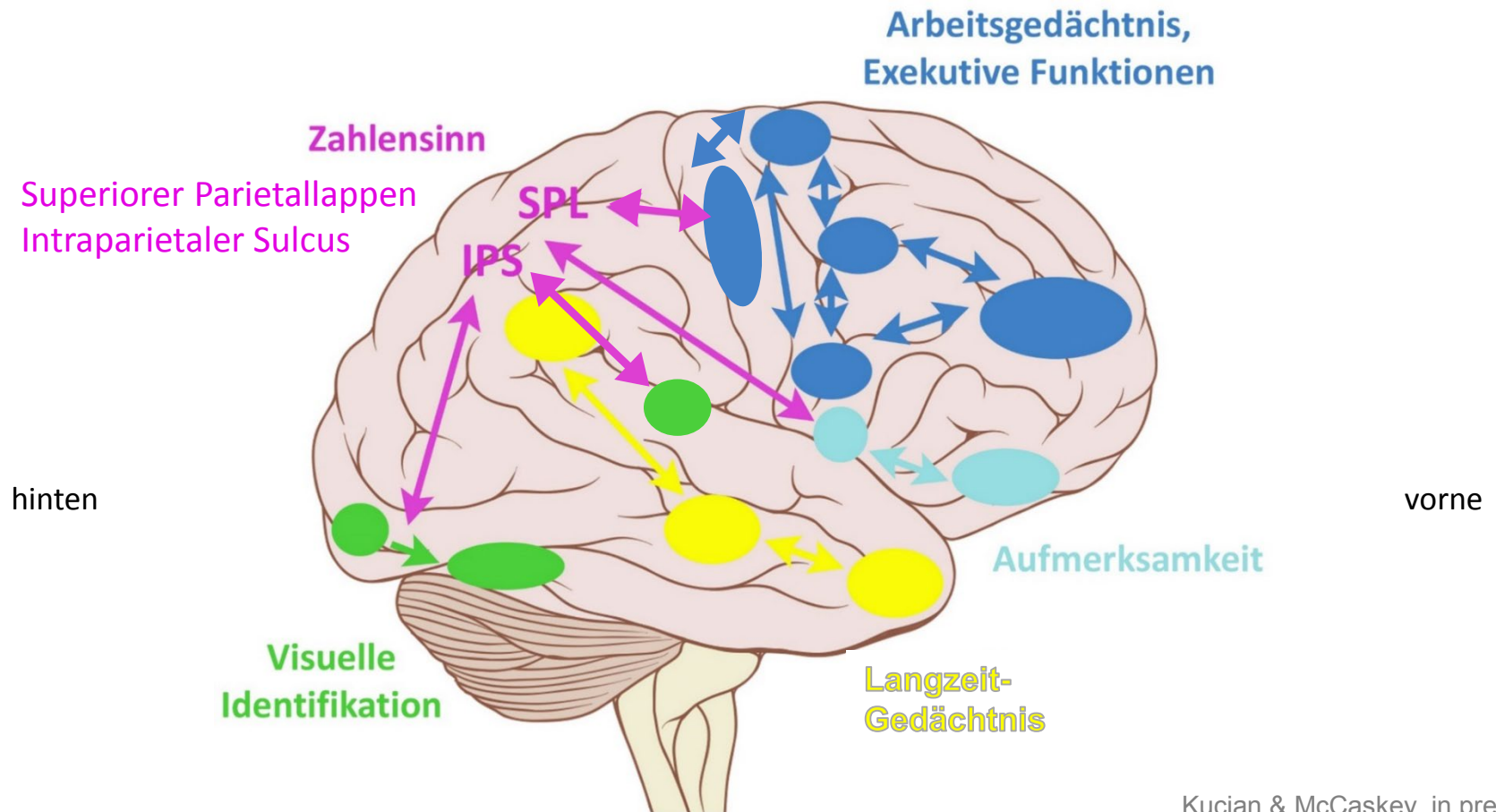


Prozedurales  
Wissen



Konzeptuelles  
Wissen

# Neuronales Netzwerk der Zahlenverarbeitung



Kucian & McCaskey, in press

# Eine einfache Rechnung?

$$12 + 9 = 21$$

- ⇒ Benötigt sämtliche Basiskompetenzen und arithmetischer Faktenabruf
- ⇒ Das gesamte numerische Netzwerk

# Entwicklung der Zahlenverarbeitung



6-Monate alte Babys  
unterscheiden Anzahlen  
Hyde et al. 2010

Rechnen

Zahlenverarbeitung

Unterscheiden  
von Anzahlen

**Kleinkind**

**Schulzeit**

**Erwachsene**



McCaskey 2015



# Entwicklung der Zahlenverarbeitung



Zahlenverarbeitung bei 4 bis 14-Jährigen

Emerson & Cantlon 2014,  
Vogel et al. 2015  
Matejko et al. 2019

Rechnen

Zahlenverarbeitung

Unterscheiden von Anzahlen

Zählen, Zahlwörter

Arabische Zahlen

Zahlenrepräsentation & mentaler Zahlenstrahl

**Kleinkind**

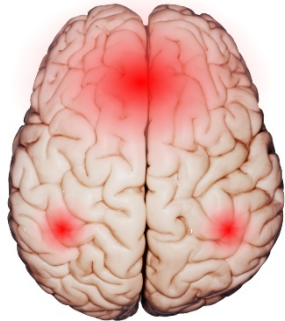
**Schulzeit**

**Erwachsene**



McCaskey 2015

# Entwicklung der Zahlenverarbeitung



Frontale Aktivierung bei  
Rechnenlernen

Rivera et al. 2005, Kucian et al. 2008  
Chang et al. 2016



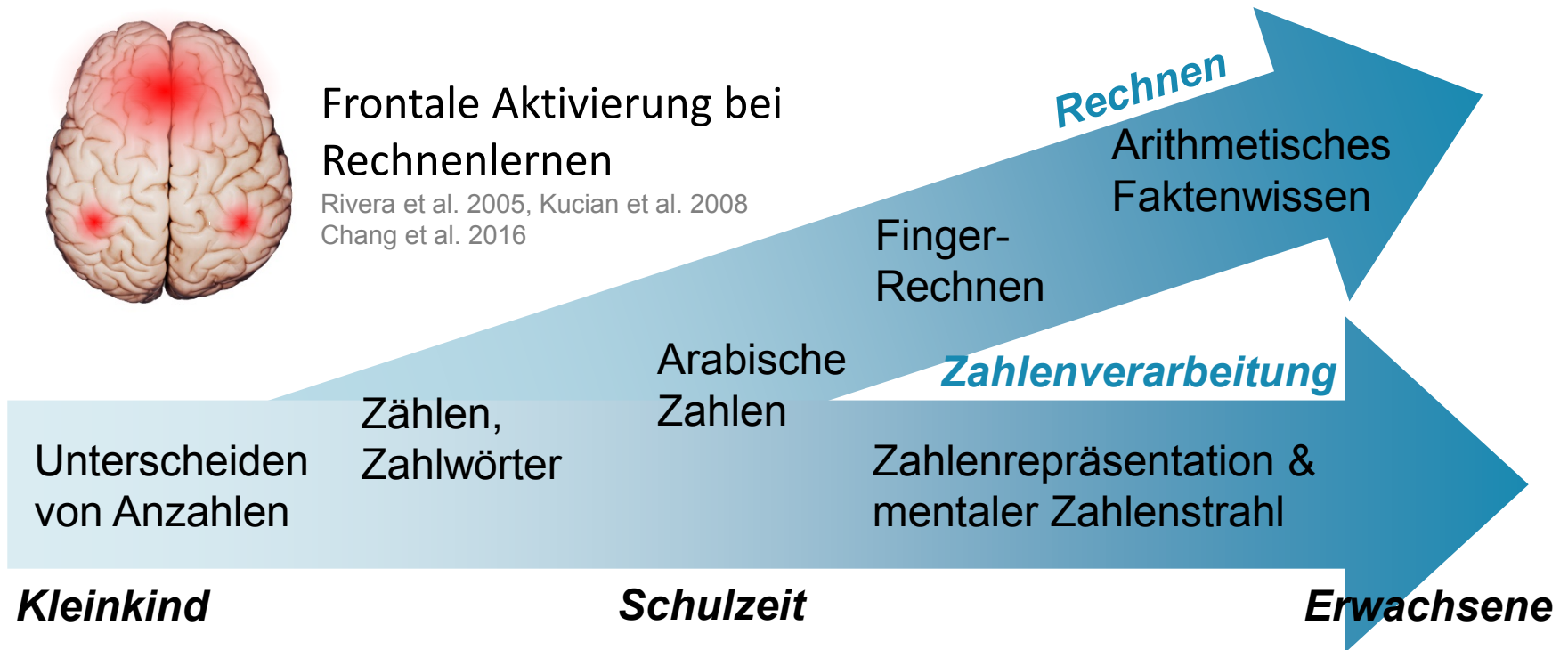
McCaskey 2015

# Entwicklung der Zahlenverarbeitung



Frontale Aktivierung bei  
Rechnenlernen

Rivera et al. 2005, Kucian et al. 2008  
Chang et al. 2016

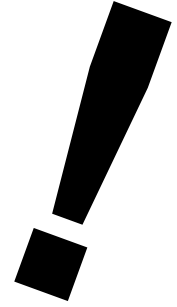


Domänen-übergreifende Faktoren:  
Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, visuell-räumliche Fähigkeiten

McCaskey 2015

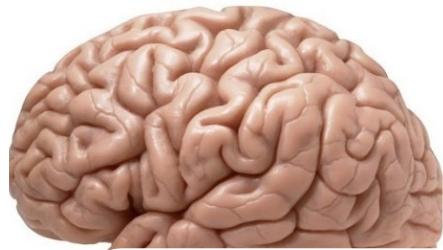


# Wichtigste Aussagen

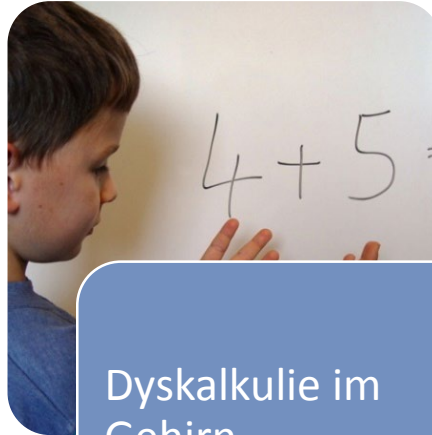


- Numerische Kognition ist komplex und besteht aus vielen Teilkomponenten
- Wir brauchen ein ganzes Netzwerk um zu Rechnen
- Zahlensinn von Geburt an vorhanden
- Erwerb von Zählfertigkeiten und Zahlsymbolen führt zu präziseren numerischen Repräsentation
- Arithmetisches Faktenwissen wird aus Gedächtnis abgerufen

# Inhalt



Das rechnende  
Gehirn



Dyskalkulie im  
Gehirn



Diagnostik,  
Prävention &  
Intervention

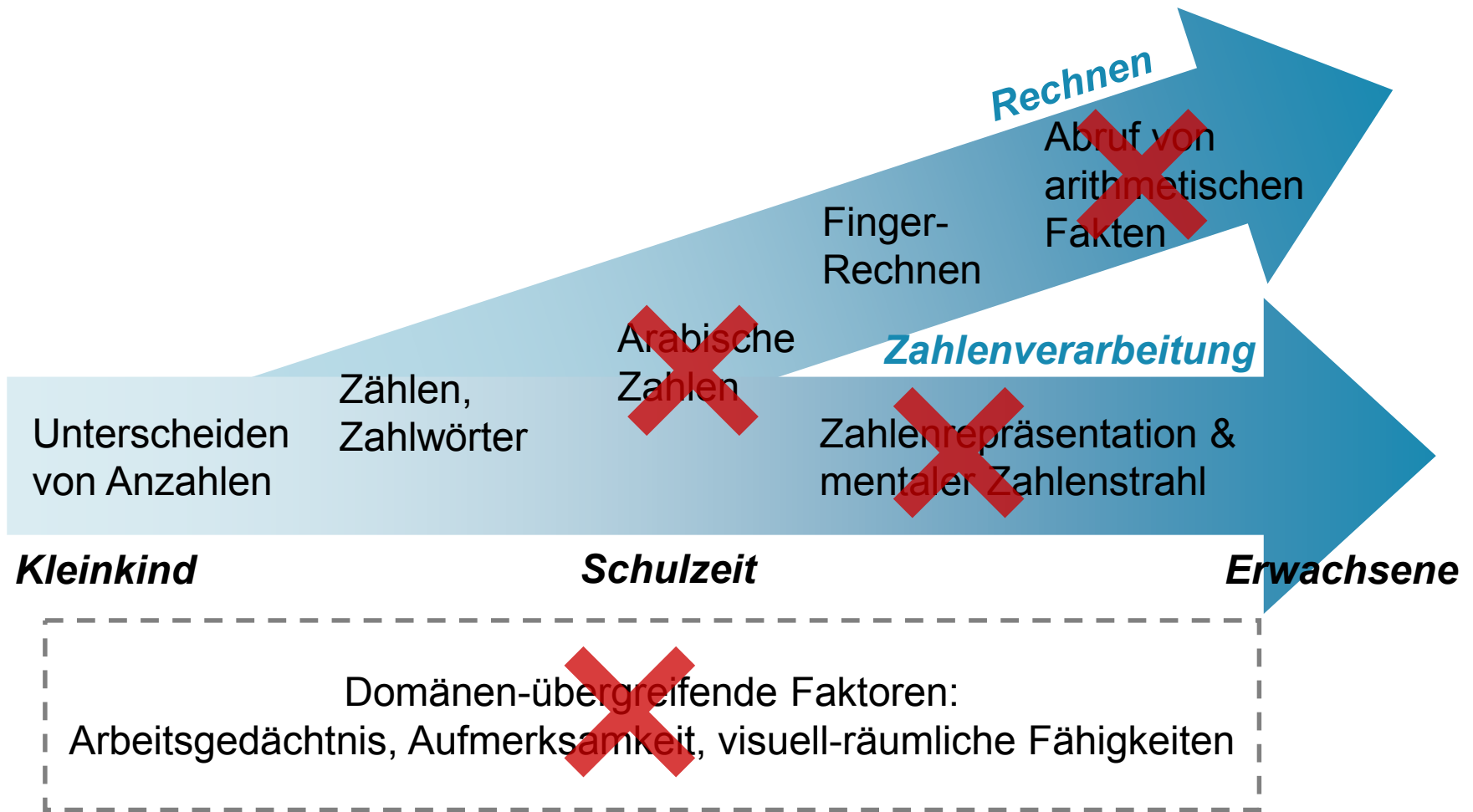
# Dyskalkulie/Rechenstörung

Umschriebene Beeinträchtigung der Rechenfertigkeiten (ICD-10, WHO 2010)

- nicht durch Intelligenzminderung oder unangemessene Beschulung erklärbar
- Defizit betrifft vor allem die Beherrschung grundlegender Rechenfertigkeiten



# Dyskalkulie/Rechenstörung



# Was bedeuten Zahlen für einen Dyskalkuliker?

Ersetzt man die Zahlen durch

$$A + C = D$$

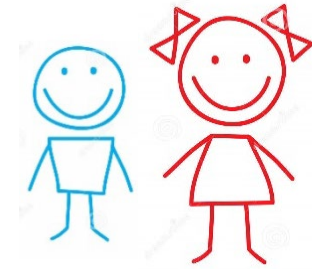
$$E - B = ?$$

„Zahlen sind für Dyskalkuliker wie Worte ohne Bedeutung!“



# Epidemiologie & sekundäre Symptomatik

- Prävalenz: **3-7 %** → 1-2 Kinder pro Klasse
- Geschlechterverteilung: ungefähr ausgeglichen
- Persistenz bis ins Erwachsenenalter



## Komorbide Störungen

- Lese-Rechtschreib-Störung/Dyslexie: 30-40%
- ADHS: 10-20%





## Sekundäre Symptome

- Schulverweigerung
- 10-40% häufiger psychische Erkrankungen  
z.B. Depression, Ängste ⇔ Mathe-Angst

Haberstroh & Schulte-Körne 2019, Schulz et al. 2018

# FALLBEISPIELE

## Protokoll:\*) Junge, 11 Jahre, 5. Klasse

Nr.	Stimulus	Antwort		S
9.1	9 Punkte (2 Sek.) 	7 $\rightarrow$ X $\leftarrow$ ..... $\rightarrow$ X $\rightarrow$ 11	9	0
9.2	14 Punkte (2 Sek.) 	11 $\rightarrow$ X $\leftarrow$ ..... $\rightarrow$ X $\rightarrow$ 19	10	0
9.3	57 Bälle (5 Sek.) 	25 $\rightarrow$ X $\leftarrow$ ..... $\rightarrow$ X $\rightarrow$ 80	900	0
9.4	89 Becher (5 Sek.) 	35 $\rightarrow$ X $\leftarrow$ ..... $\rightarrow$ X $\rightarrow$ 125	10'000	0
9.5	Waren es mehr Bälle oder mehr Becher?	Becher		0/1
Summe:				2

Mädchen	Beispiel	
8 Jahre		2
3. Klasse		
14	3.1	14
38	3.2	38
1200	3.3	1200
503	3.4	5003
169	3.5	40 169
4658	3.6	4000 6058
756	3.7	7056
689	3.8	6089

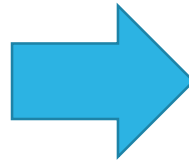
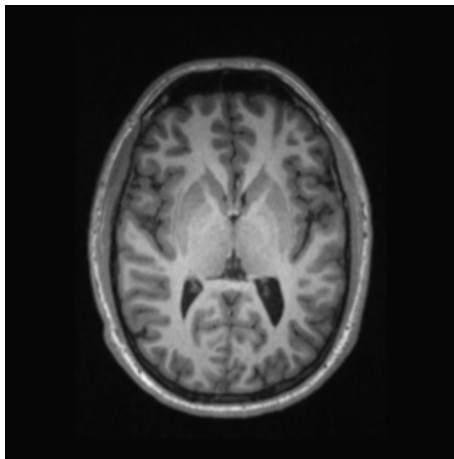
# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

**Sieht das Gehirn von  
Dyskalkulikern anders aus?**



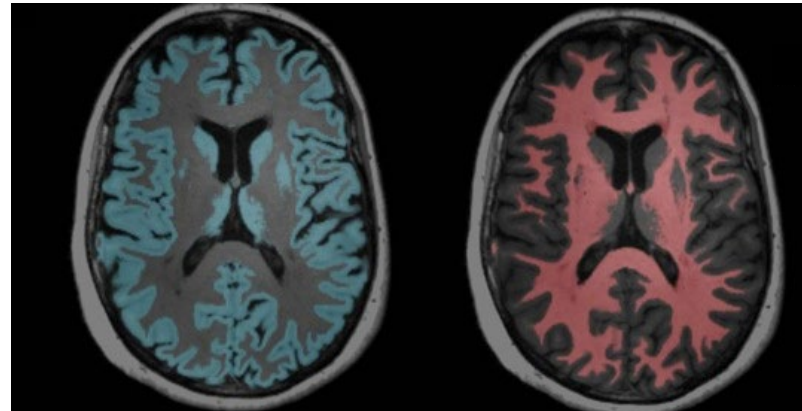
# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

## Gehirnstruktur



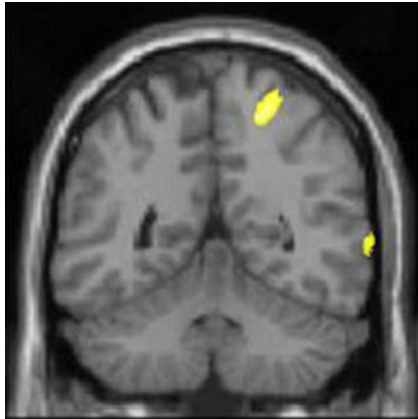
graue  
Substanz

weisse  
Substanz



# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

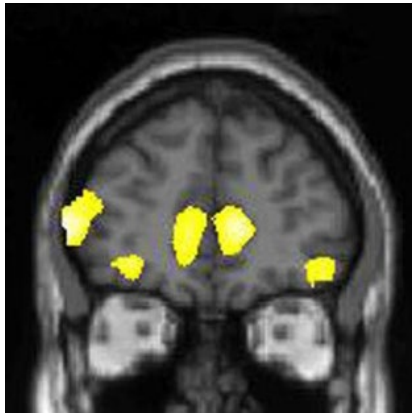
## Gehirnstruktur



Intraparietaler Sulcus



Strukturelles neuronales  
Korrelat der  
Zahlenverarbeitung



Frontaler medialer Gyrus  
Inferiorer frontaler Gyrus  
Anteriores Cingulum



Areale für  
Arbeitsgedächtnis  
und Aufmerksamkeit

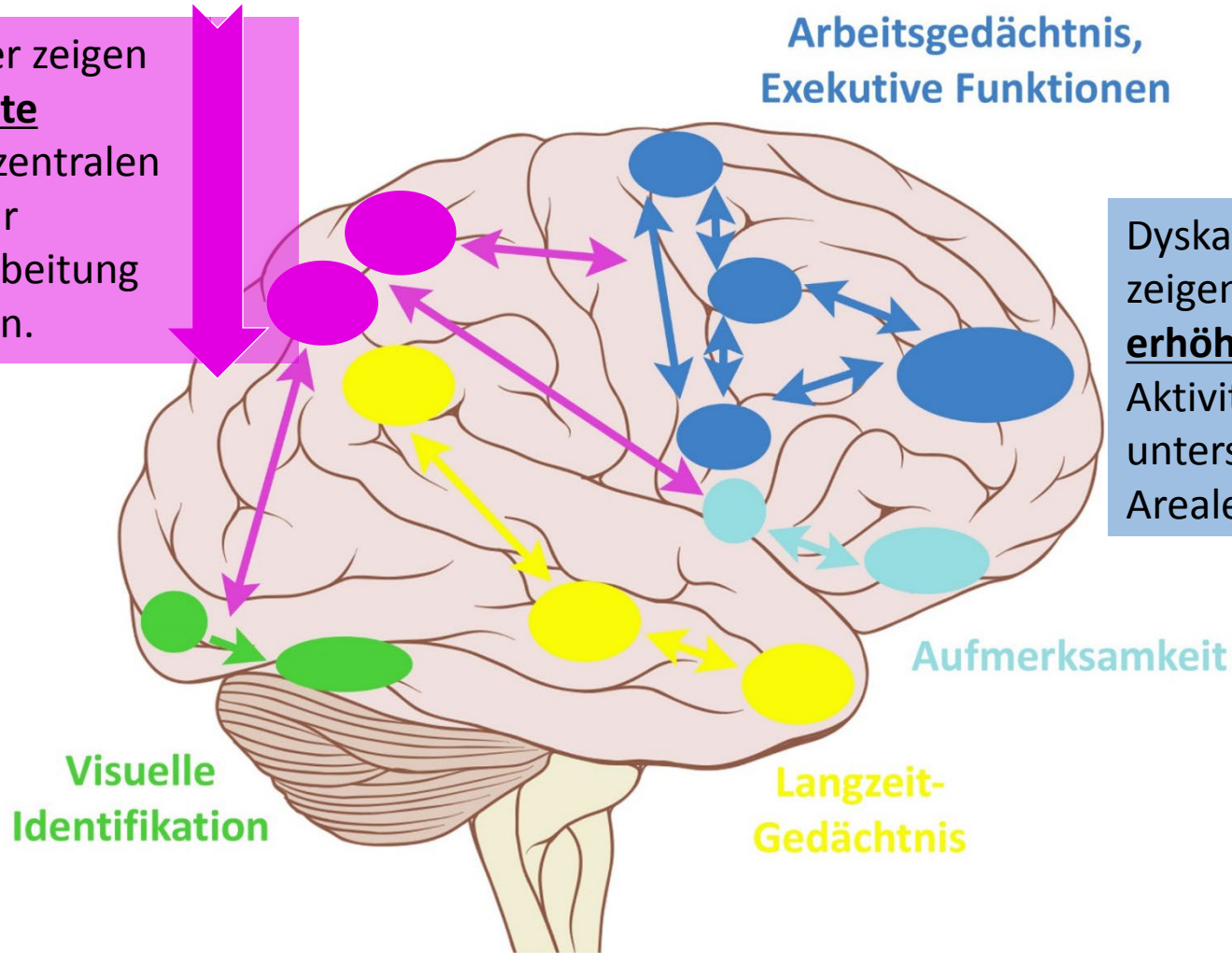
Rotzer et al. 2008

# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

**Aktivieren Dyskalkuliker andere  
Gehirnregionen während des Rechnens?**

# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

Dyskalkuliker zeigen oft **reduzierte** Aktivität in zentralen Regionen für Zahlenverarbeitung und Rechnen.



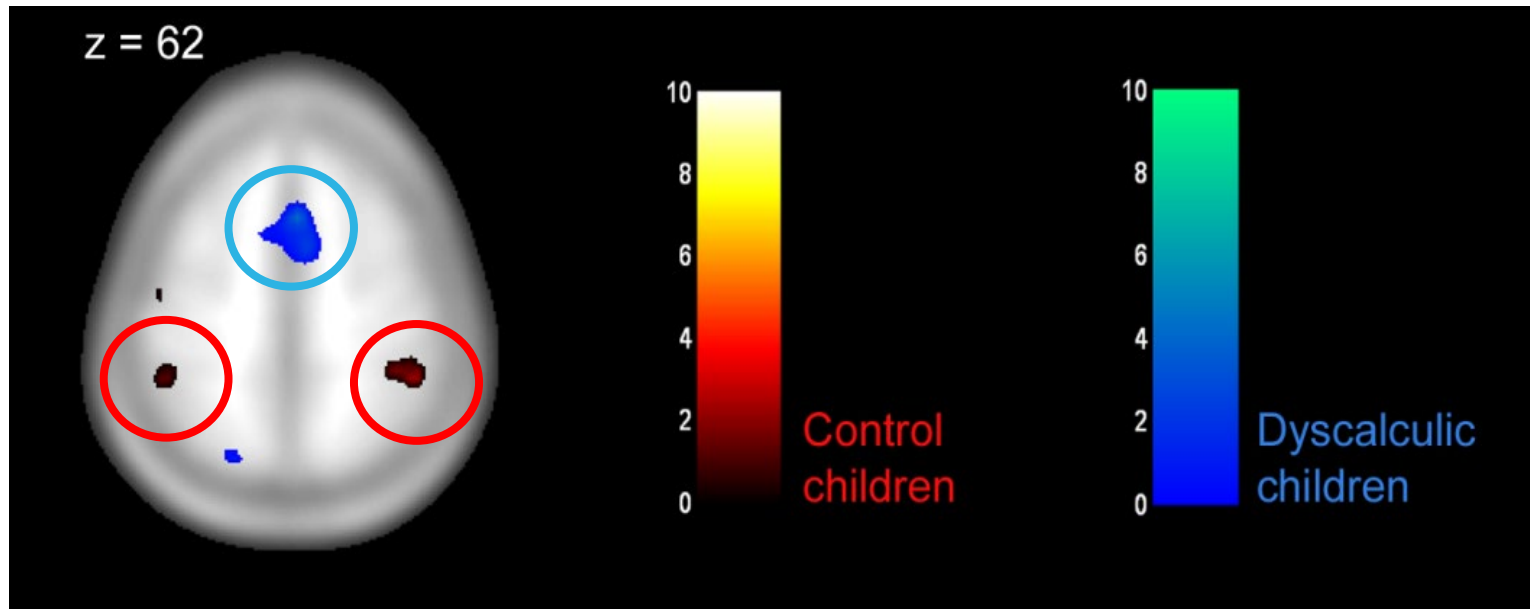
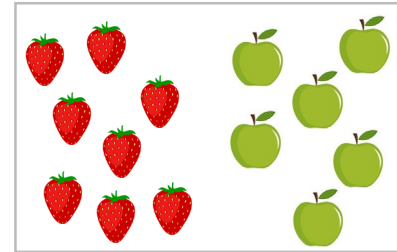
Dyskalkuliker zeigen oft **erhöhte** Aktivität in unterstützenden Arealen.



# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

## Hirnaktivität

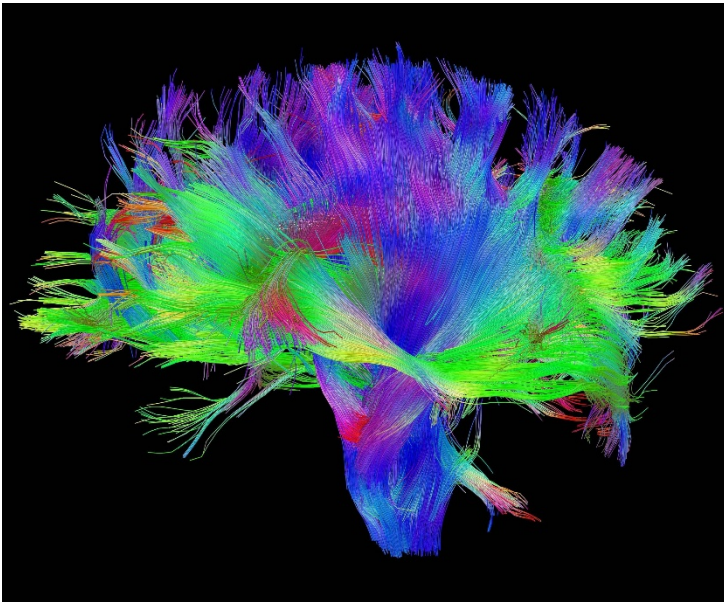
nicht-symbolischer Distanzeffekt



Kucian et al. 2011



# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

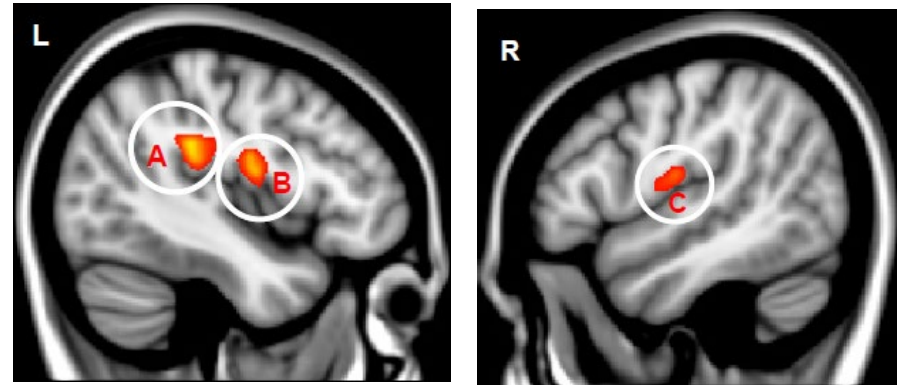


**Unterscheiden sich die Gehirne  
in Bezug auf die Verbindungen?**

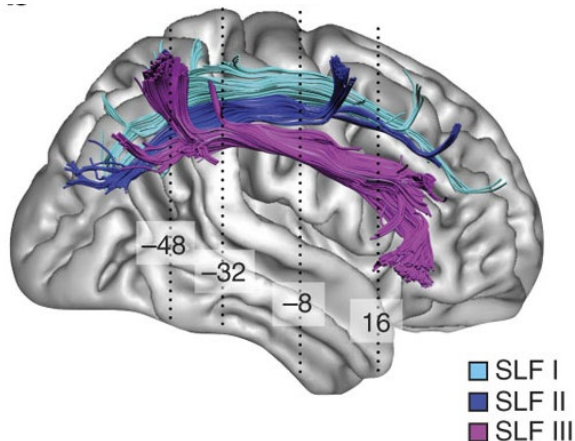
# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

## Faserverbindung

Kinder mit Dyskalkulie zeigen Unterschiede im SLF, einer Faserverbindung, welche parietale, temporale und frontale Areale verbindet.



## SLF – Superiorer Longitudinaler Fasciculus



Ein rascher und exakter Austausch zwischen dem Frontal- und Parietallappen ist wichtig für viele höhere kognitive Fähigkeiten.

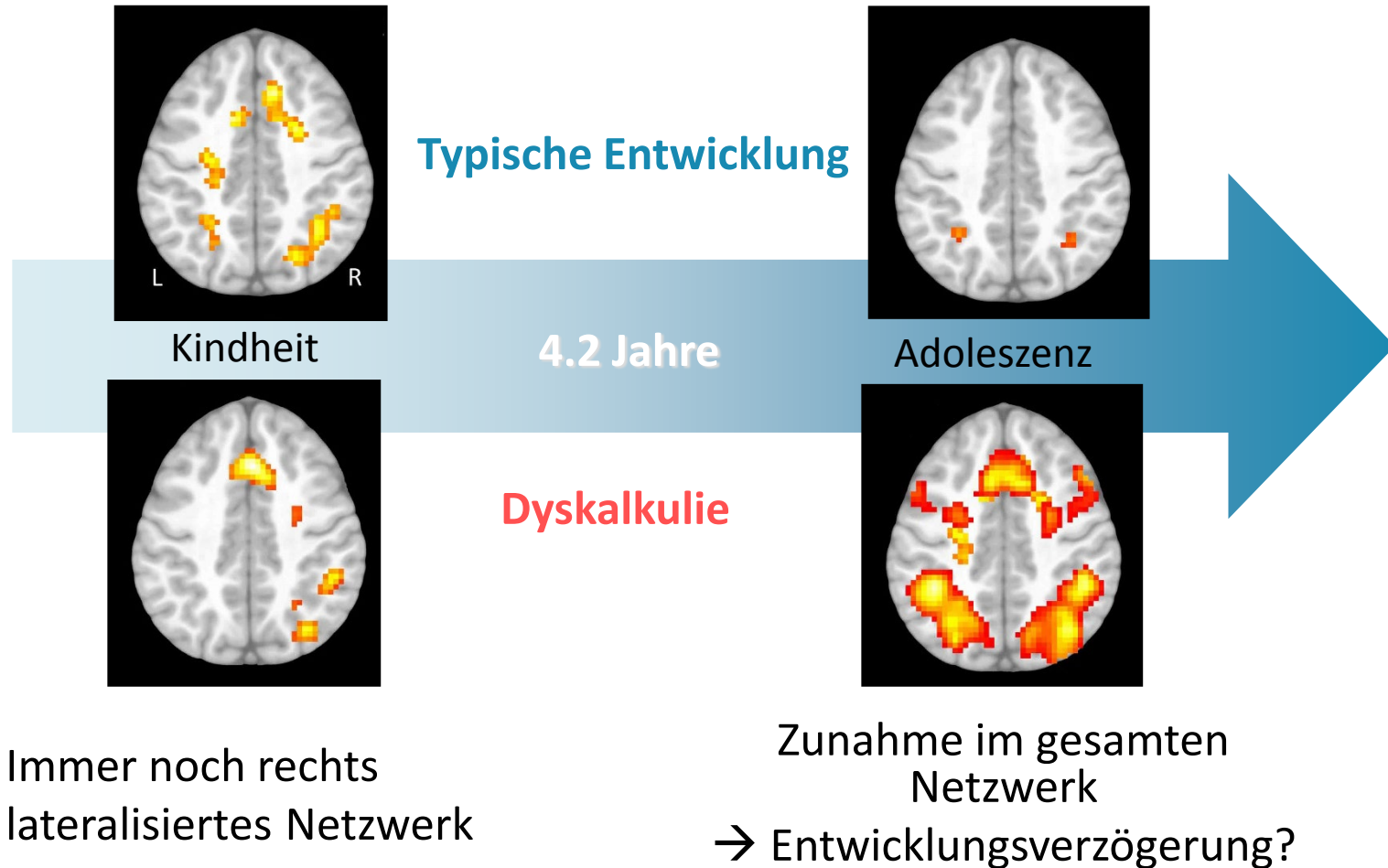
Kucian et al. 2013

# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

**Entwickelt sich das Gehirn von  
Dyskalkulikern anders?**

# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

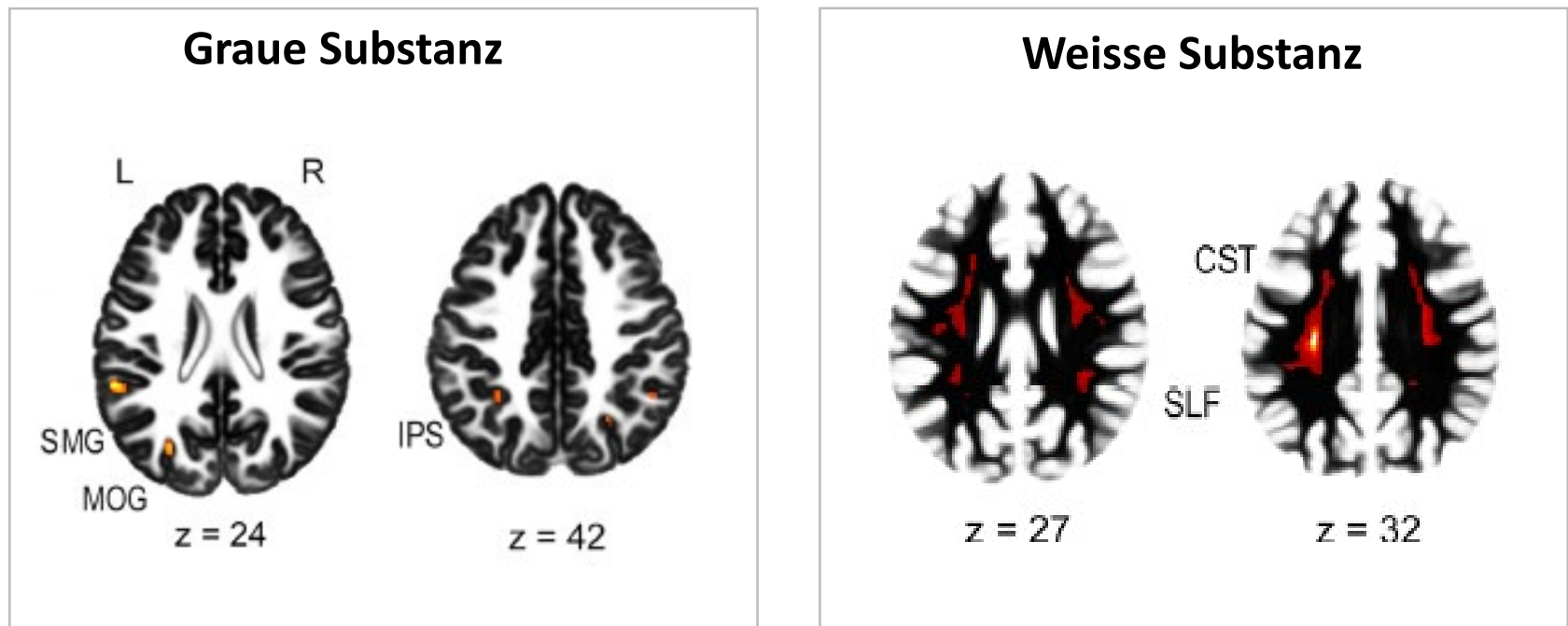
## Hirnaktivität



McCaskey et al. 2018

# Neuronale Korrelate der Dyskalkulie

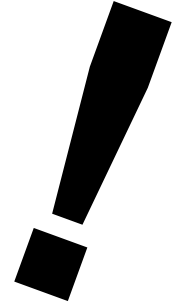
## Hirnstruktur



Persistent reduzierte Volumina der grauen und weissen Substanz  
in numerischen Netzwerk

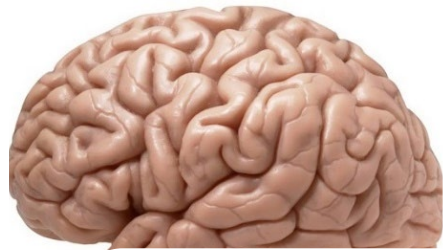
McCaskey et al. 2020

# Wichtigste Aussagen

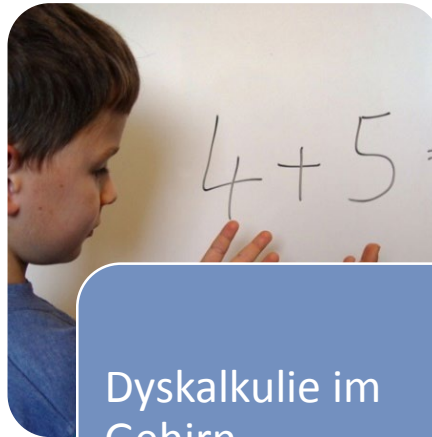


- 1-2 Kinder pro Klasse haben Dyskalkulie
- Kinder mit Dyskalkulie zeigen Defizite in den Basiskompetenzen bereits vor dem Schuleintritt
- Kinder mit Dyskalkulie zeigen Unterschiede in der Aktivität und Struktur des Gehirns
- Dyskalkulie wächst sich nicht aus!

# Inhalt



Das rechnende  
Gehirn



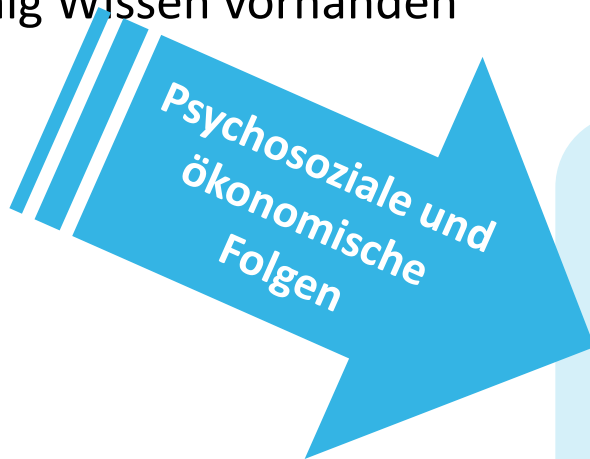
Dyskalkulie im  
Gehirn



Diagnostik,  
Prävention &  
Intervention

# Versorgungssituation bei Dyskalkulie

- Oft späte Diagnosestellung
- Therapiekosten werden von Eltern getragen
- Kaum wissenschaftlich evaluierte Förderung und Therapie
- Wenig Wissen vorhanden



- 70-90% verlassen Schule vorzeitig
- 2 x höhere Wahrscheinlichkeit für Arbeitslosigkeit
- Niedrigerer sozioökonomischer Status

Haberstroh & Schulte-Körne 2019, Ise & Schulte Körne 2013, Kaufmann & von Aster 2012,  
Parson & Bynner 2005, Nelson 2008, Ritchie & Bates 2013



# Wie Dyskalkulie erkennen?



## Erste Hinweise im Vorschulalter

- Schwierigkeiten Vergleich von Zahlen und Mengen
- Fehler beim Zählen und Abzählen
- Mengen werden falsche Zahlen zugeordnet
- Schätzen von kleinen Mengen gelingt nicht
- Einfache Rechnungen mit Objekten werden fehlerhaft gelöst

# Wie Dyskalkulie erkennen?



## Hinweise in der Schule

- Fehler beim Zählen (z.B. Rückwärtszählen)
- Zahlendreher
- Zehner-/Hunderterübergang ist schwierig
- Einfache Rechnungen müssen immer wieder neu gerechnet werden
- Rechnen durch Abzählen, Zuhilfenahme der Finger
- Verrechnen um eins, Fehler mit der Null
- Kein Gefühl für die Grösse einer Zahl

# Wie Dyskalkulie erkennen?



- Rechenzeichen werden vertauscht
- Rechenaufgaben mit Platzhalter oder Schätzaufgaben schwierig
- Textaufgaben werden falsch entschlüsselt
- Rechengesetze/-regeln werden falsch verstanden und bei neuen Aufgaben falsch angewendet
- Kopfrechnen gelingt nur mit Mühe
- Schwierigkeiten beim Umgang mit Zeit, Geld, Längen und Massen
- Teilweise Schwierigkeiten bei geometrischen Aufgaben

# Diagnostik von Dyskalkulie

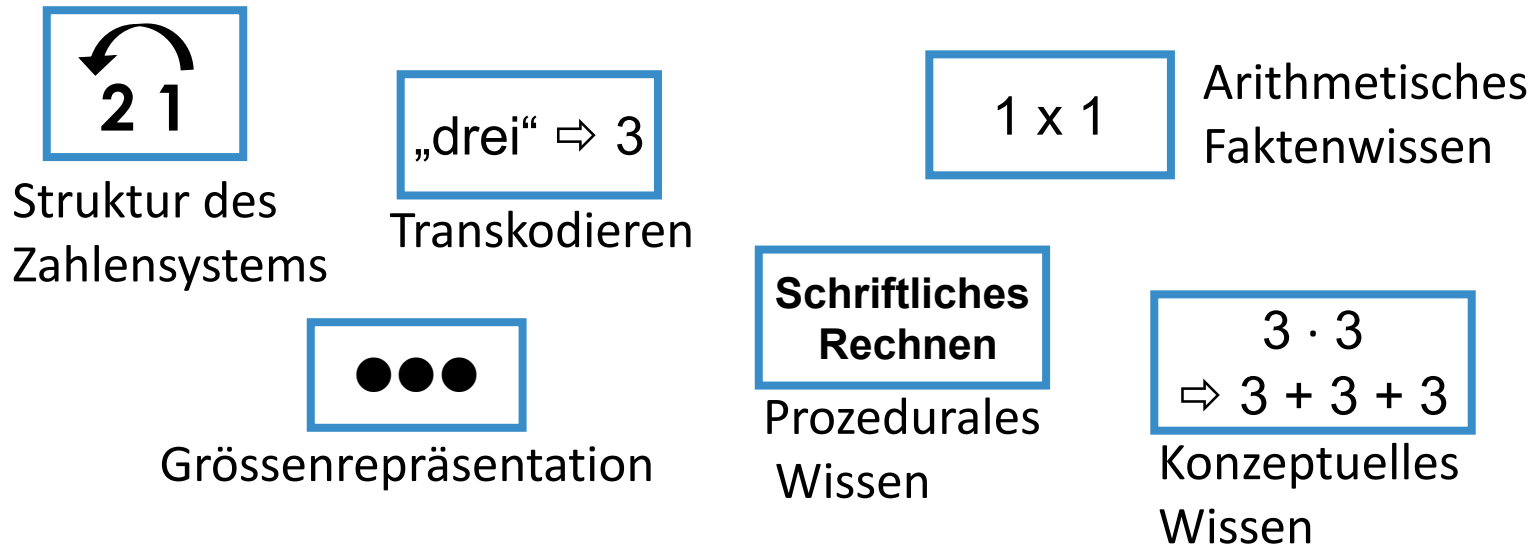
- Feststellung von Defizit in Rechenleistung nicht ausreichend
- Gezielte Abklärung nötig
  - ⇒ neuropsychologische Testverfahren
  - ⇒ Ausschluss/Erkennen komorbider Störungen
  - ⇒ Individuelles Profil da Dyskalkulie sehr heterogen
- Nicht Abwarten!!
  - ⇒ Zunahme der Schwierigkeiten



# Probleme bei der Diagnostik

Diagnostische Verfahren erheben unterschiedliche  
Teilkomponenten

⇒ je nach Verfahren kann ein Kind als dyskalkulisch gelten oder nicht



# Probleme bei der Diagnostik

Diagnostische Verfahren erheben unterschiedliche  
Teilkomponenten

- ⇒ je nach Verfahren kann ein Kind als dyskalkulisch gelten oder nicht
- ⇒ Achtung: Kompensationsstrategien

## FALLBEISPIEL

- *Mädchen, 16 Jahre, Lehre*
- *1600-1596=? ⇒ schriftlich Rechnen*

$$\begin{array}{r} 1600 \\ -1596 \\ \hline 0004 \end{array}$$

# Prävention



## Risikokinder für Rechenstörung

A) Präventionsprogramm

B) Kontrollgruppe

Moraske et al. 2018



⇒ Durchschnittliche Rechenleistung,  
weniger Rechenschwäche (33-37%)

⇒ Unterdurchschnittliche Rechenleistung,  
Kinder mit Rechenschwäche (56-74%)

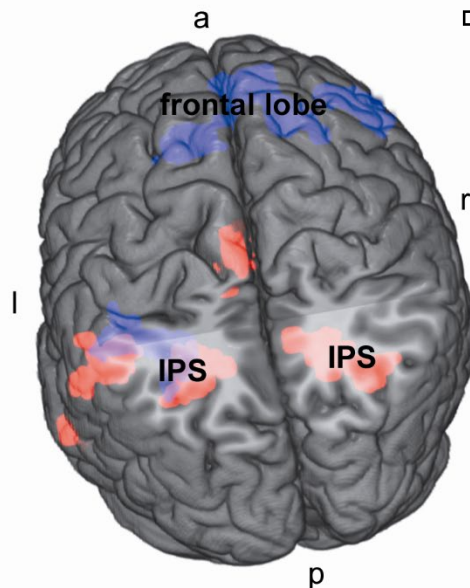
# Intervention



## Rette Calcularis

Abnahme

Zunahme



⇒ Nach dem Training benötigt die Verarbeitung der Aufgabe weniger Unterstützung exekutiver Funktionen, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeitsleistung

⇒ Zunahme der parietalen Aktivität nach einer 5-wöchigen Konsolidierungsphase

Kucian et al. 2011



# Intervention

Rette Calcularis

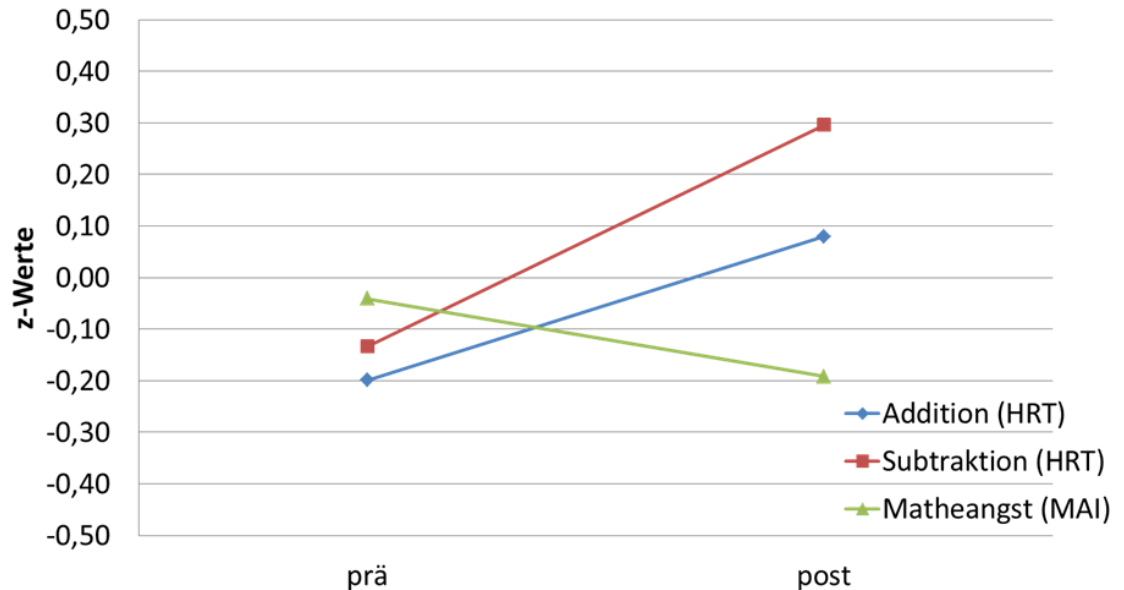


Dybuster Calcularis



## Verhalten:

- Verbesserte Arithmetik
- Verbesserte Zahlenraumvorstellung
- Reduzierte Mathematikangst



Käser et al. 2013

# Unterstützung in der Schule

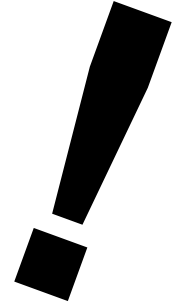
## Mögliche Unterstützungsmassnahmen:

- Orientierung an Lernausgangslage des Kindes
- Lernstoff in kleine Portionen einteilen, Übersichtliche Gestaltung
- Vermittlung klarer Lernstrategien (z.B. Schritt-für-Schritt-Liste)
- Zugang und Anleitung zu Anschauungsmaterial (z.B. 1x1-Tabellen)
- Mehr Zeit oder Reduzierung des Lernumfanges
- Einfachere Textaufgaben
- Notieren von Kopfrechnungen und Zwischenschritte erlauben
- Förderung des Selbstwertes, Aufzeigen von Erfolgen/Stärken
- Zulassung von Taschenrechner
- Fingerrechnen nicht verbieten
- Mathematikhausaufgaben zeitlich begrenzen

➔ Immer individuell an das Kind angepasst!



# Wichtigste Aussagen



- 1. Schritt um Kinder mit Dyskalkulie zu unterstützen: Wissen über Dyskalkulie und Identifikation von Risikoschüler:innen
- Frühe und differenzierte Diagnostik wichtig um Sekundärfolgen zu vermeiden
- Gezielte Prävention und Intervention kann Rechenleistung in Kindern mit Dyskalkulie verbessern

# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



[ursina.mccaskey@kispi.uzh.ch](mailto:ursina.mccaskey@kispi.uzh.ch)

Karin Kucian, PD Dr. sc. nat.

Ruth O’Gorman Tuura, Prof. PD Dr. phil.



# Ressourcen

- S3-Leitlinie: Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung

<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/028-046.html>

- Bundesverband Legasthenie und Dyskalkulie Deutschland

<https://www.bvl-legasthenie.de/service/literatur-infomaterial.html>