

Das finale Internet

Wie viel Internet braucht die Menschheit

Weihnachtsvorlesung 2011

Christian Schindelhauer

Lehrstuhl für Rechnernetze und Telematik

Technische Fakultät Freiburg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Das Thema

Nicht dies

- Weltuntergangsszenarien
- neue Technologien
- Schichten
- HTML, Web 2.0, Buzzword 3.0

Informatik braucht Projektionen

- Gute
 - Moores Gesetz
- Schlechte
 - Niemand braucht mehr als 640kB RAM in seinem PC
 - Es besteht weltweit nur Bedarf für 5 Rechner
 - Im Internet findet man nur Spinner und Werbung

These I
Das Internet ist für den
Menschen da.

These II

Das Internet wächst exponentiell.

These III

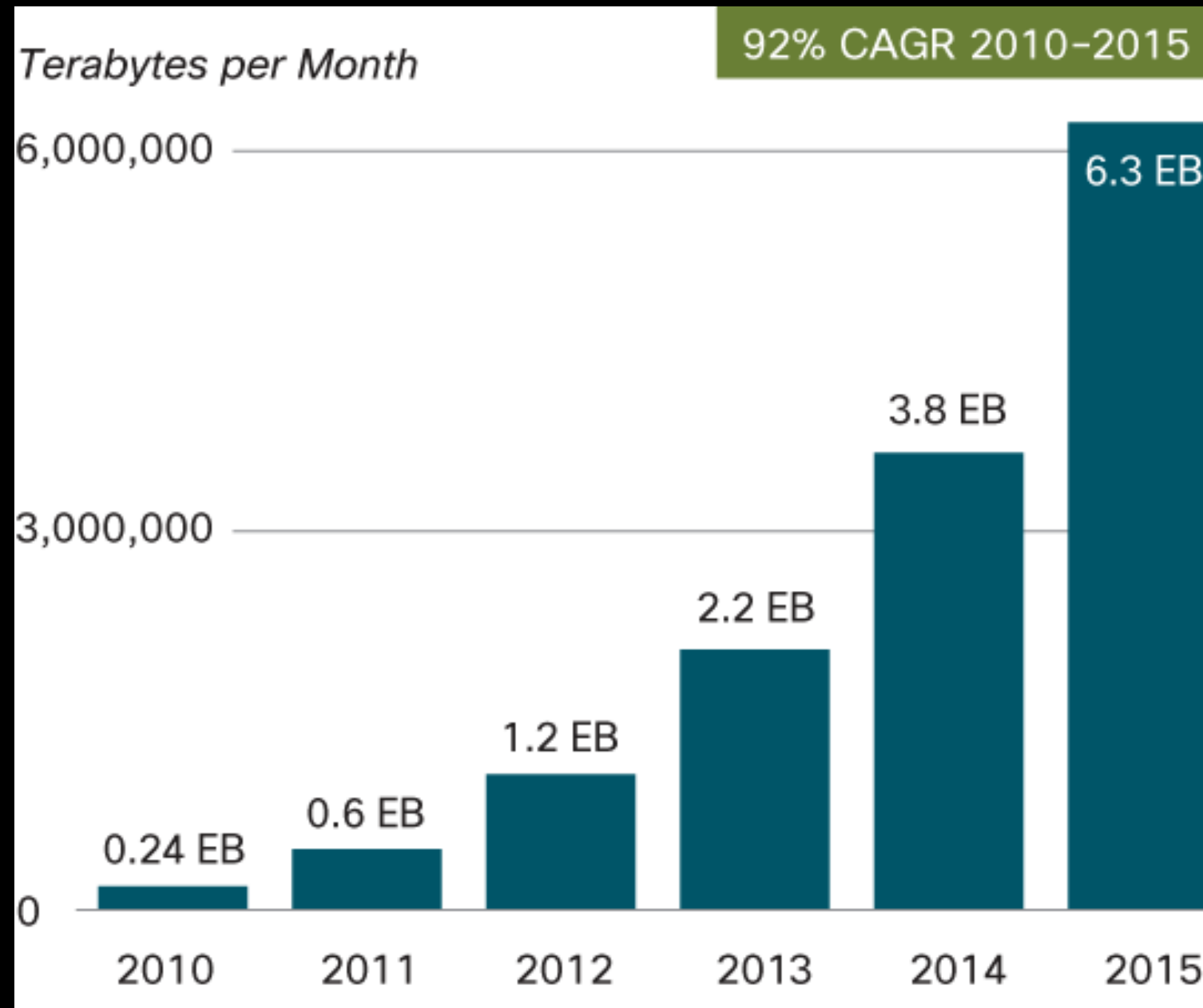
Der Mensch ist beschränkt.

These IV

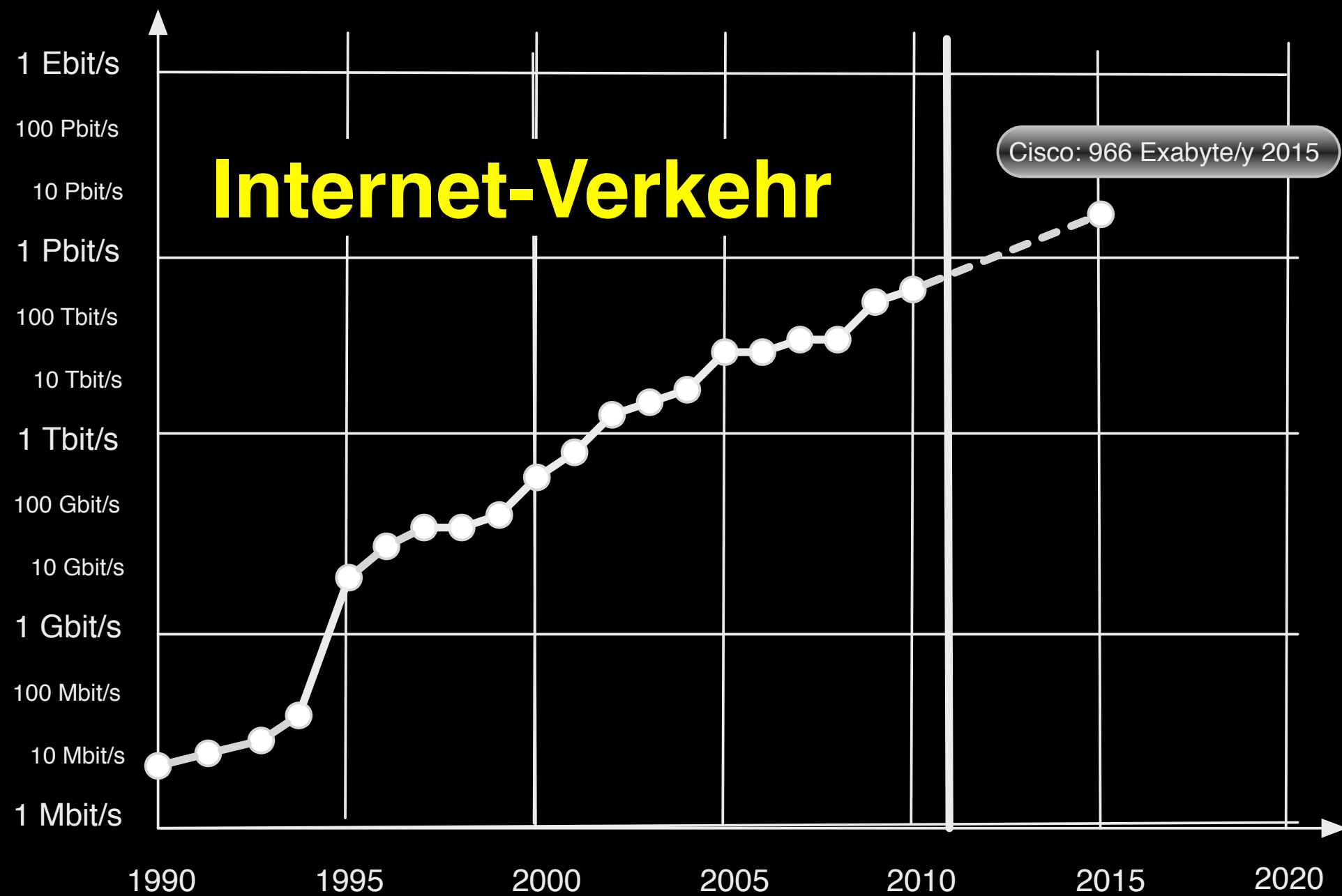
Es gibt ein finales Internet, das
alle Ansprüche abdeckt.

Wie groß ist es und
wann haben wir es?

These II:
Das Internet wächst
exponentiell.



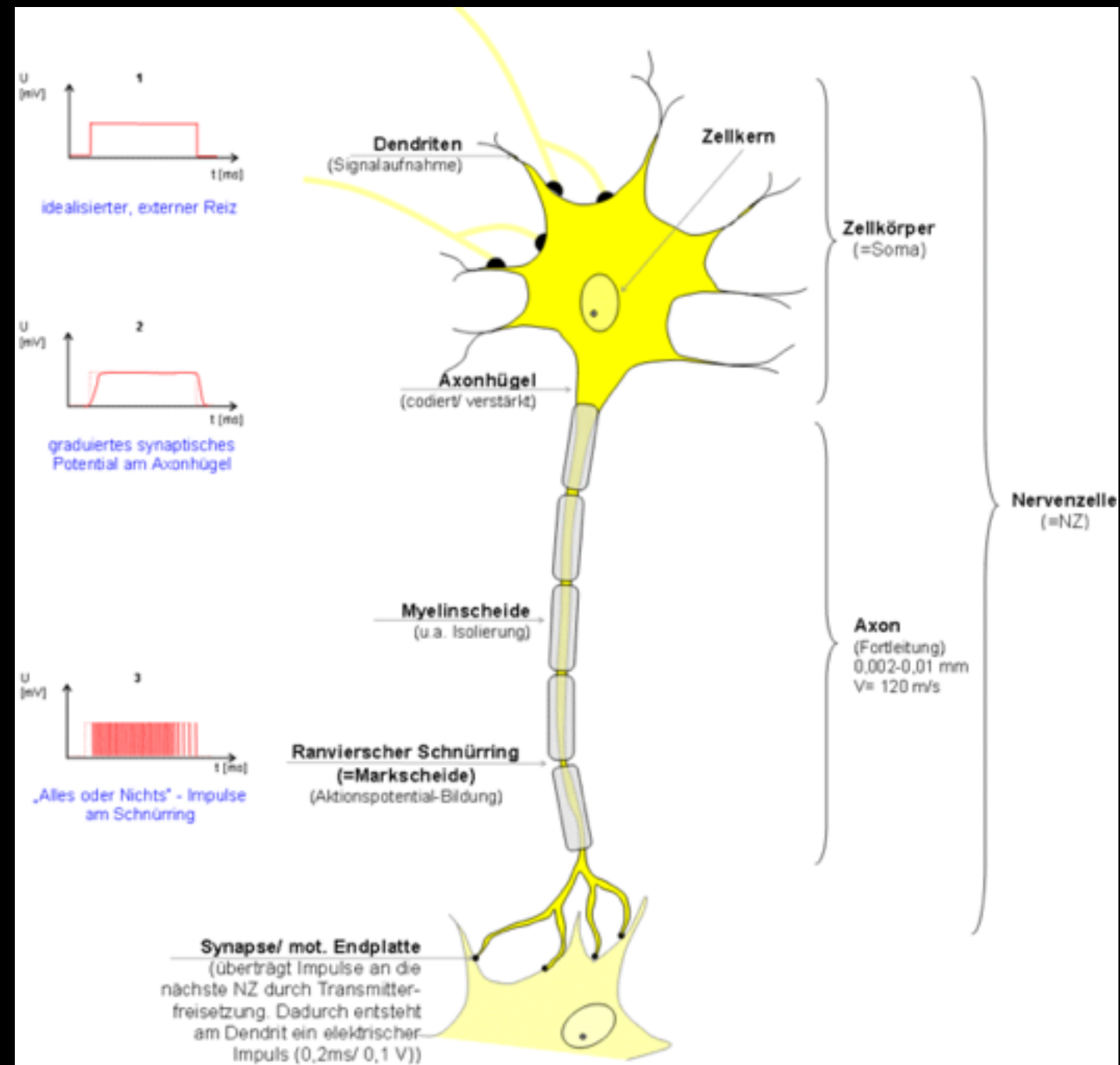
Internet Verkehr



These III:
Der Mensch ist beschränkt.

Die Nervenzelle

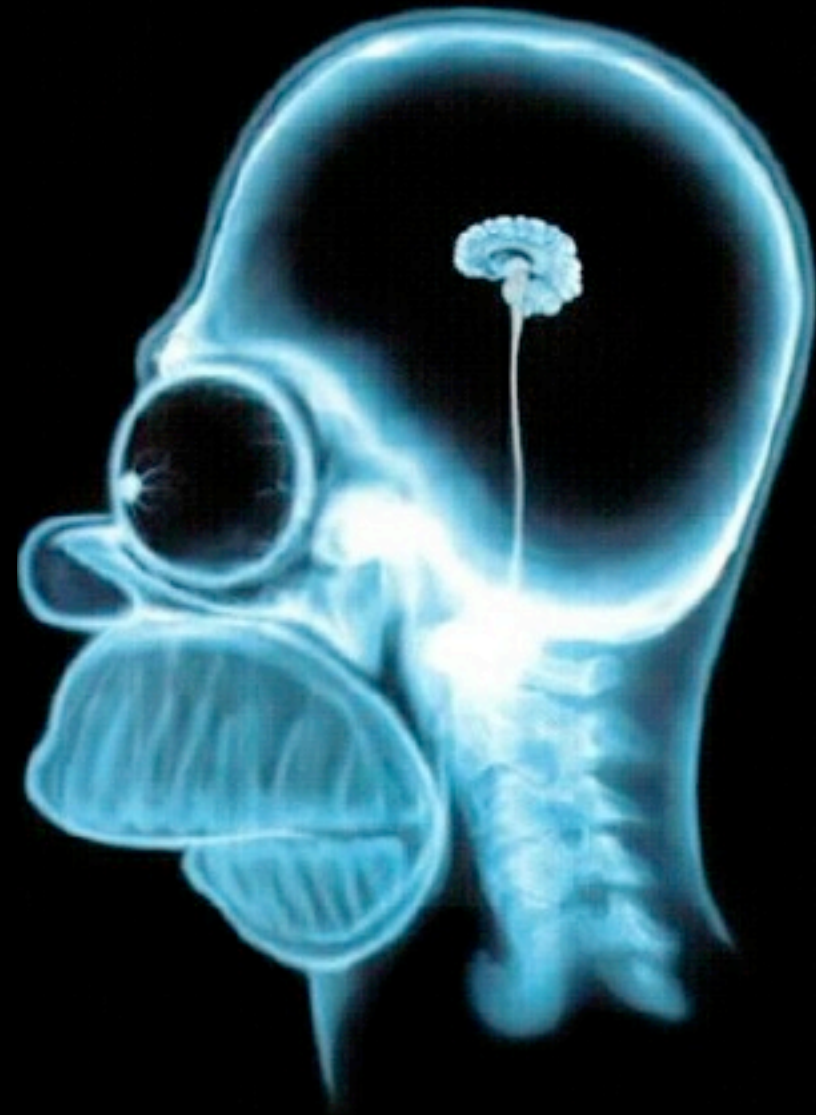
- Digitales Signal
- Signalgeschwindigkeit 0,1-100 m/s
- Bis zu 100 Signale pro Sekunde
- ~ 100 Bit/s
- Seit 1,8 Mrd Jahren in allen **Gewebetieren**





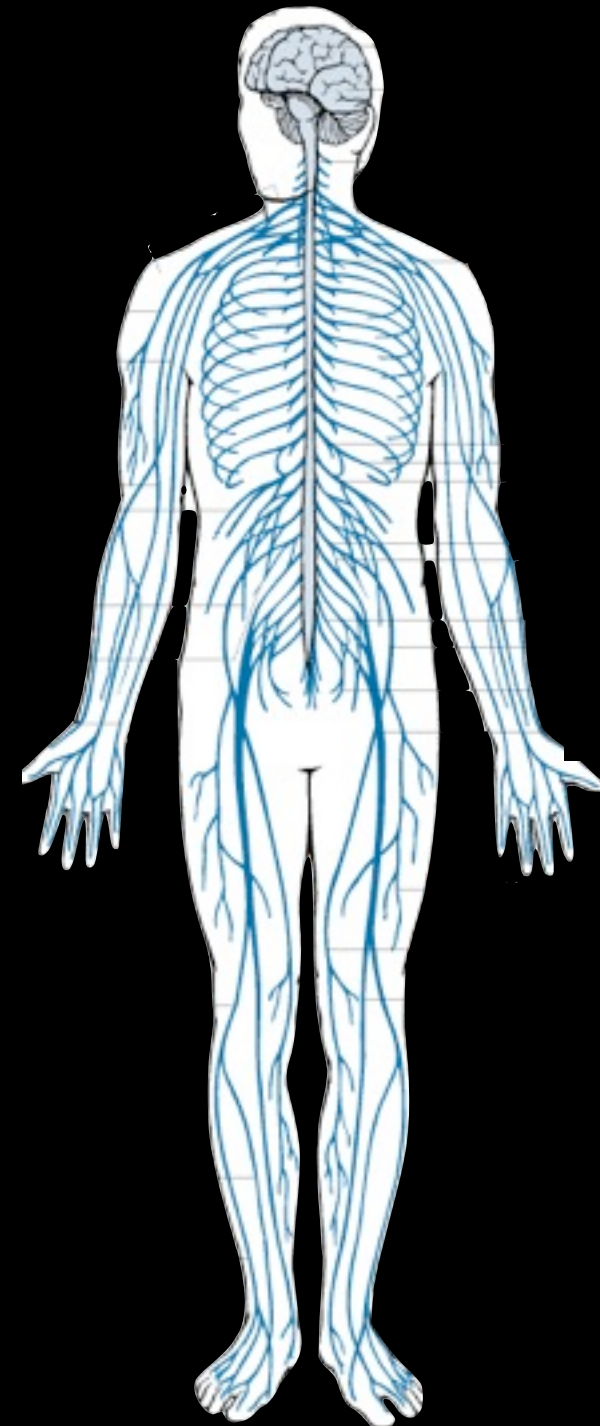
Das Gehirn

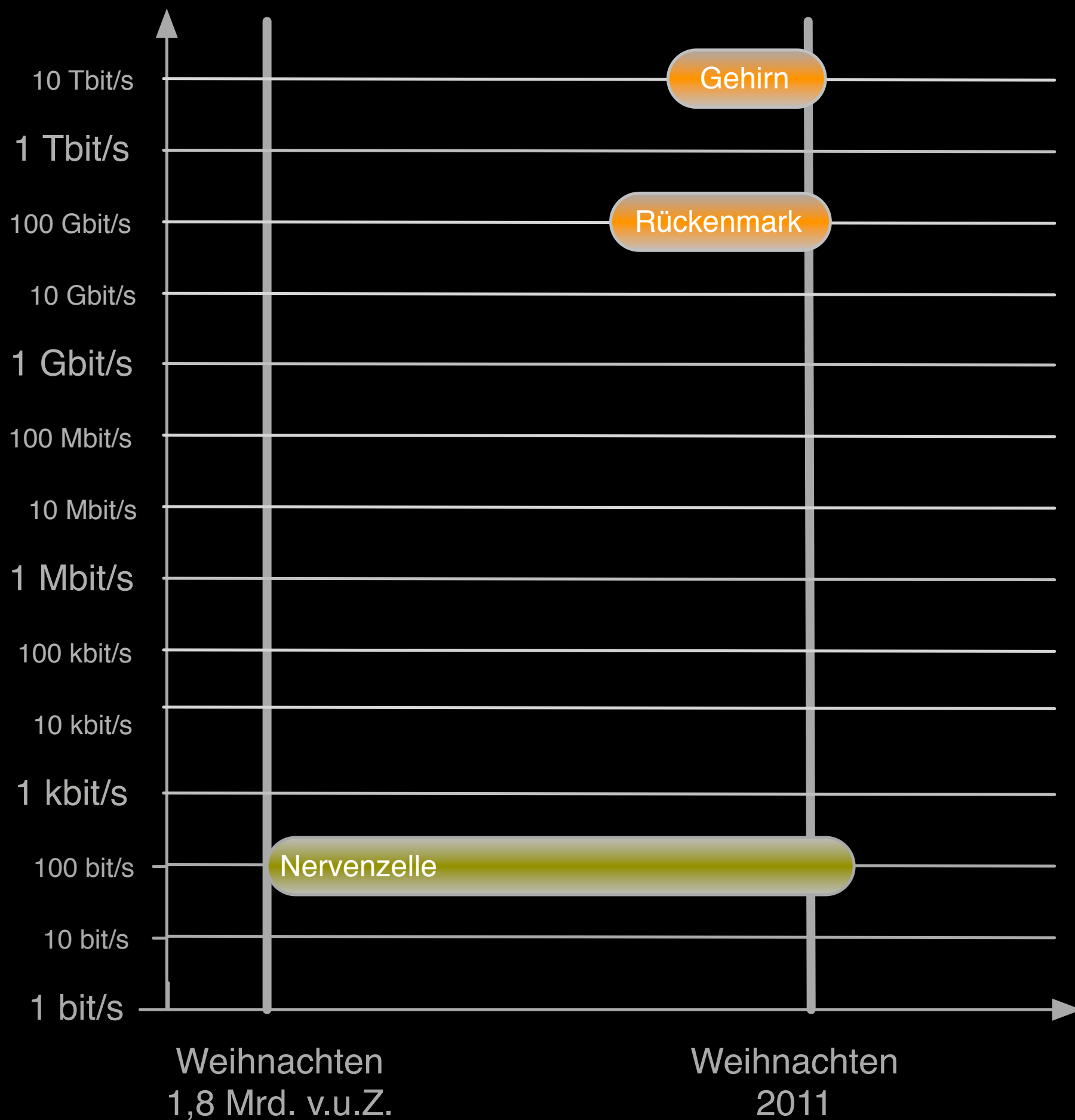
- 100 000 000 000
= 100 Milliarden
= 100 Gigabit
Nervenzellen im Gehirn
- 100 Bit/s (Nervenzelle)
- 10.000 GigaBit/s =
10 TeraBit/s
Bandweite



Das Rückenmark

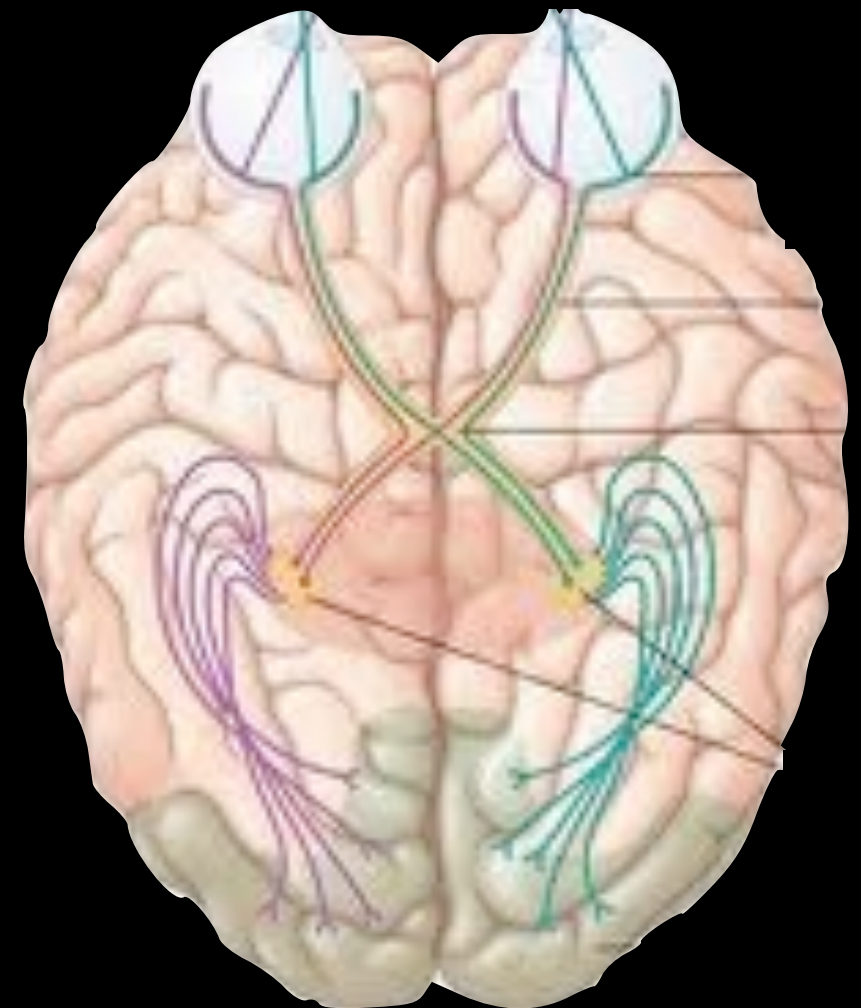
- 1 Milliarde
= 1 Gigabit
Nervenzellen
- x 100 Bit/s (Nervenzelle)
- 100 Gigabit/s





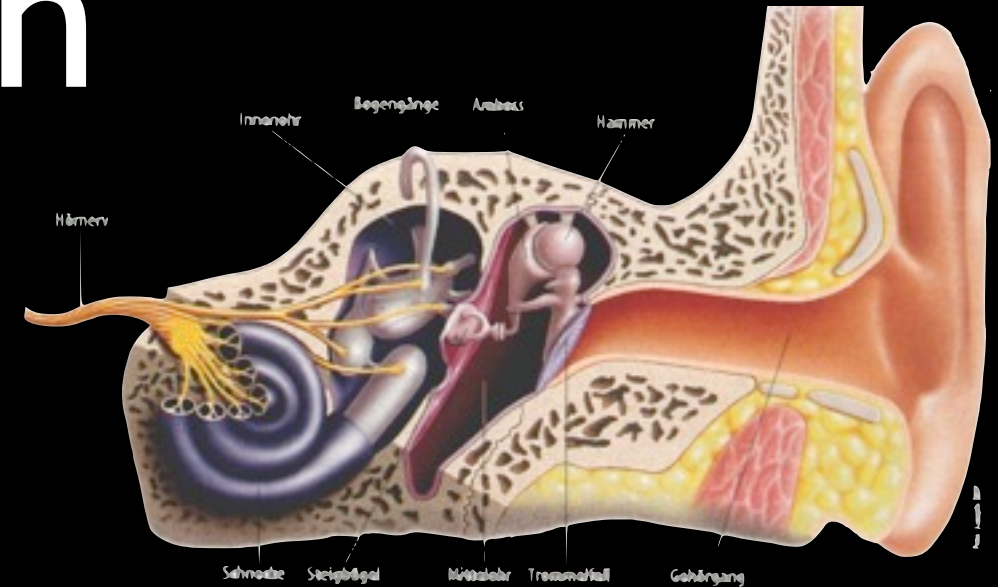
Das Auge

- 5-6 Mio Rezeptoren auf der Retina
Stäbchen und Zäpfchen
für Rot, Grün, Blau
- 1,2 Mio Ganglionen im Sehnerv
à 100 Bit/s
- 120 MBit/s (pro Auge)
240 MBit/s

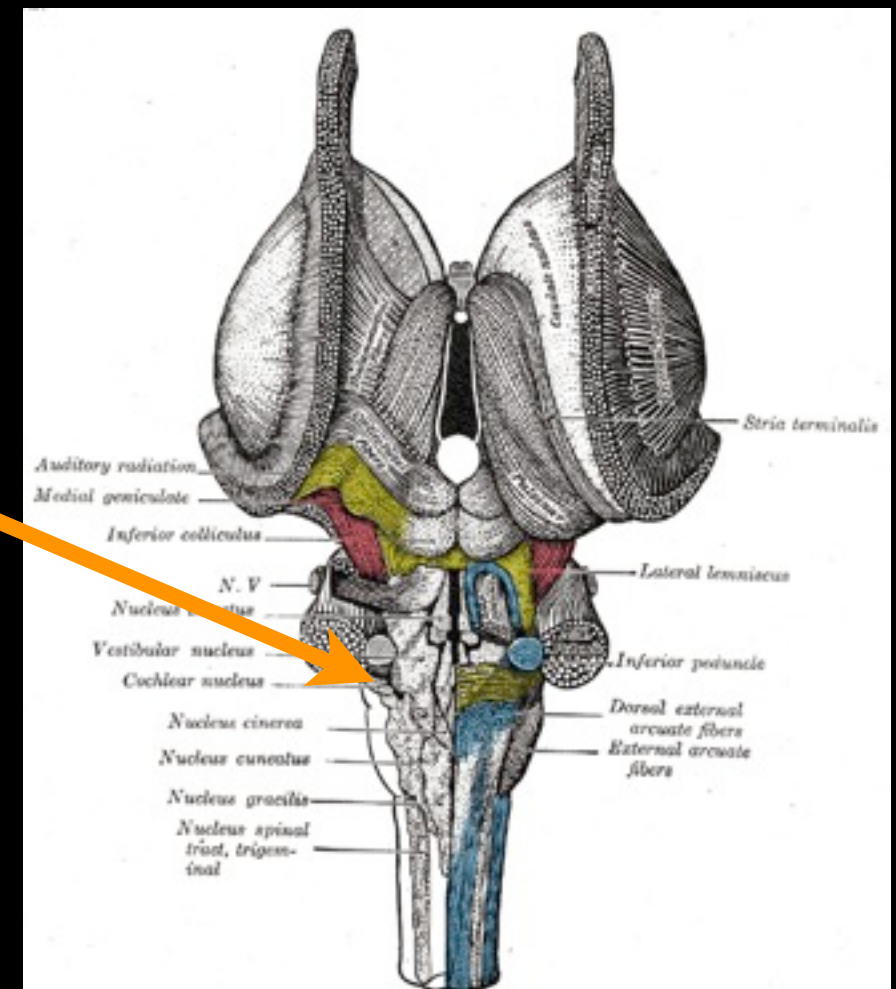


Hören

- Frequenzen:
20 - 20,000 Hz
- 30,000 Fasern im Hörnerv
~3 MBit/s
- 8.800 Neuronen im
Schneckenkern im
Hirnstamm
~ 880 kBit/s
- Audio-CD: 1400 kBit/s
Mp3: 128-192 kBit/s

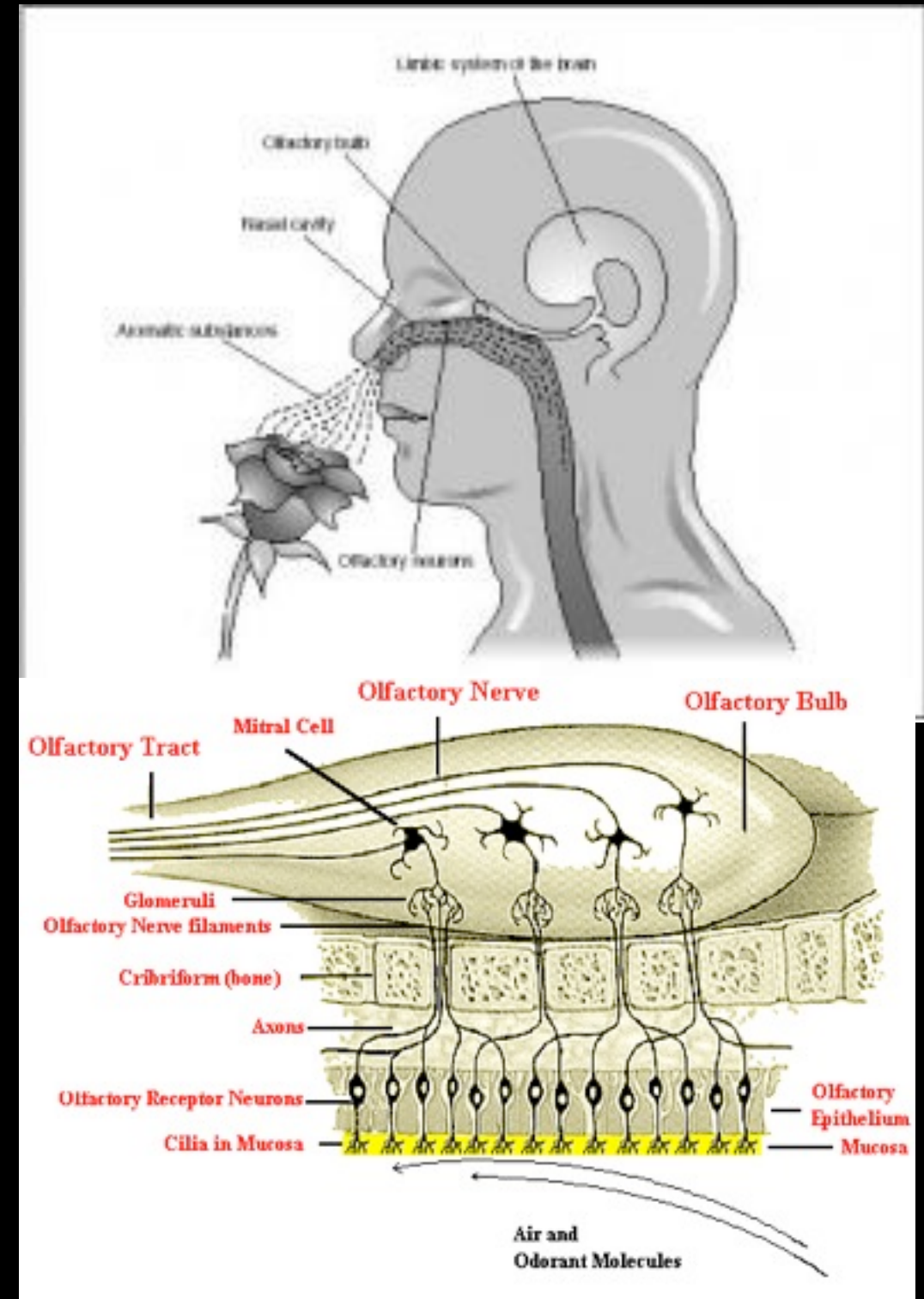


Das Ohr ist eines unserer komplexesten Organe. Wichtige Muskeln, Knochen und Knorpel haben sich entwickelt, um die Schwingungen der Luftmoleküle in elektrische Signale umzuwandeln. Wie dort ein Hörbild entsteht, ist noch weitgehend unbekannt. Aber das Ohr kann mehr als nur hören: Mit den Bogengängen wird auch unser Gleichgewichtssinn gesteuert.



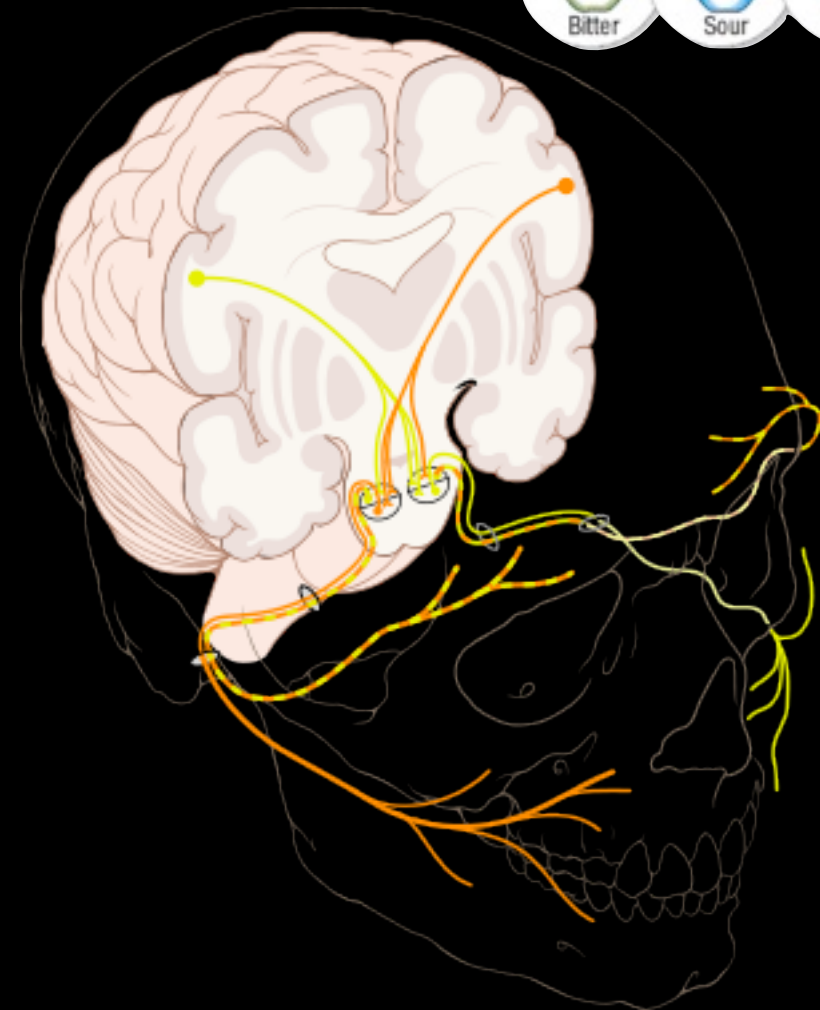
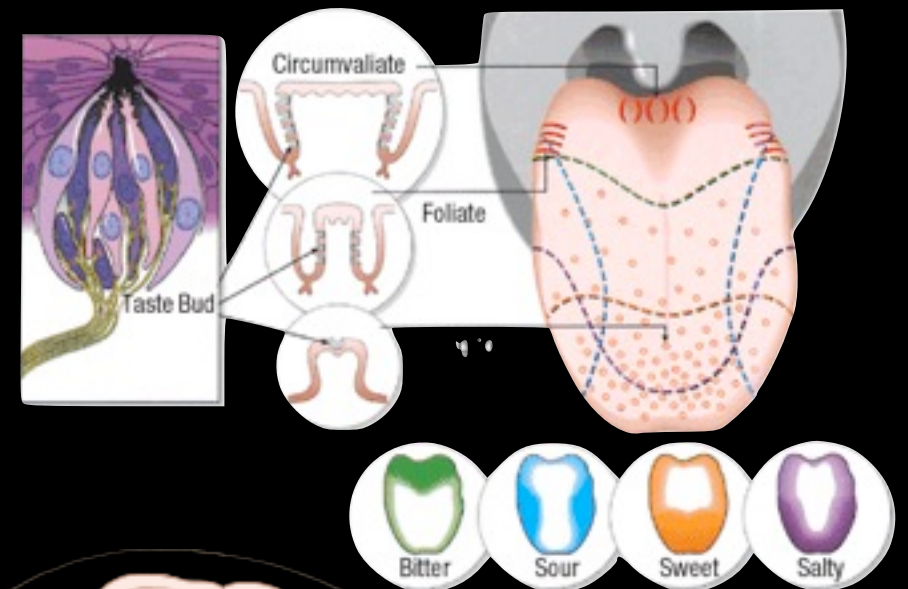
Riechen

- 12 Mio
Geruchsrezeptoren
~1000 Typen



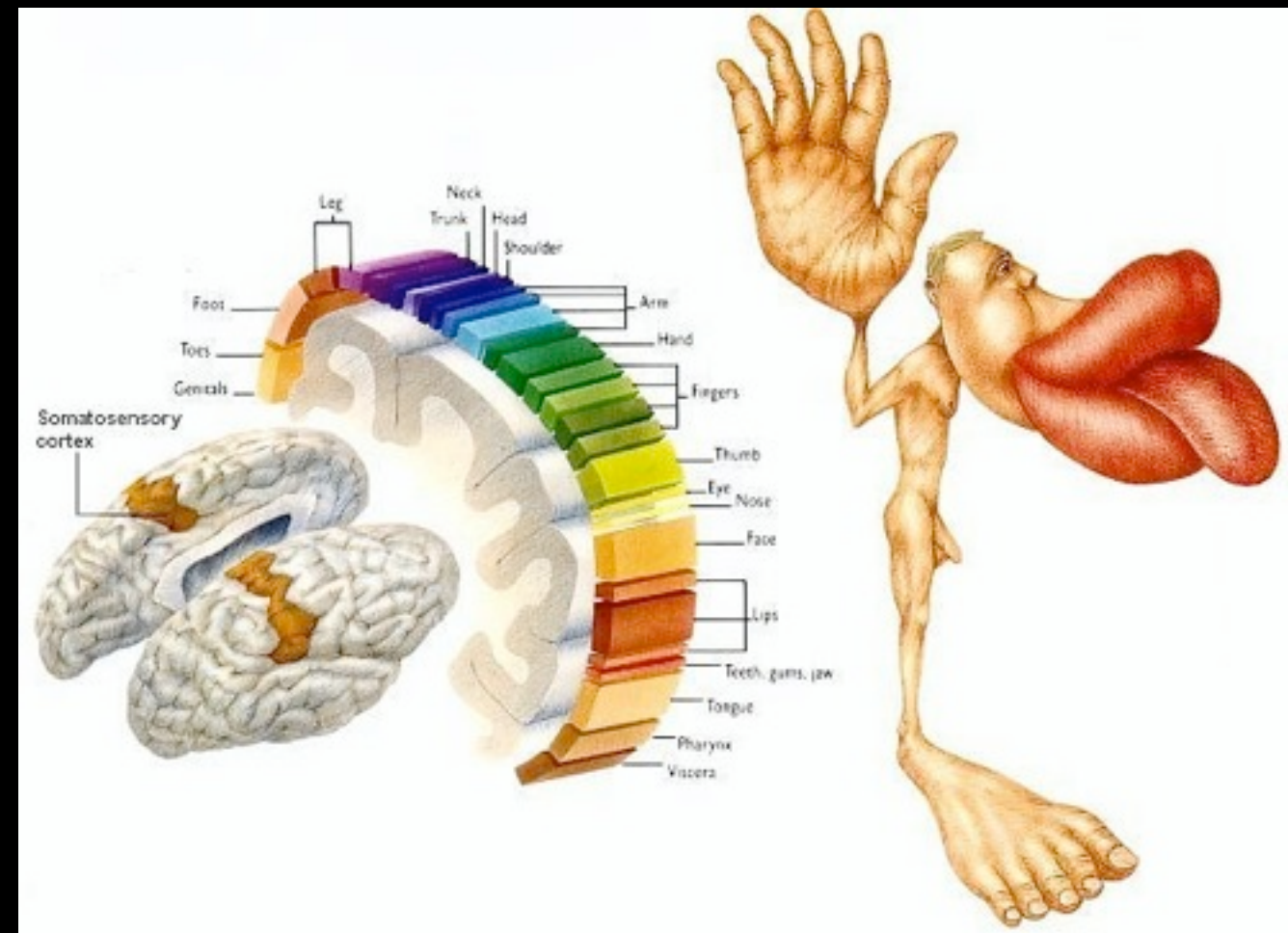
Schmecken

- 10.000 Geschmacksknospen
- 50-150 Rezeptoren pro Knospe
- Gesichtsnerv 10.000 Nerven, davon 7.000 für Gesichtsmuskulatur
- < 600 kBit/s für Schmecken, Riechen, Tasten im Gesicht



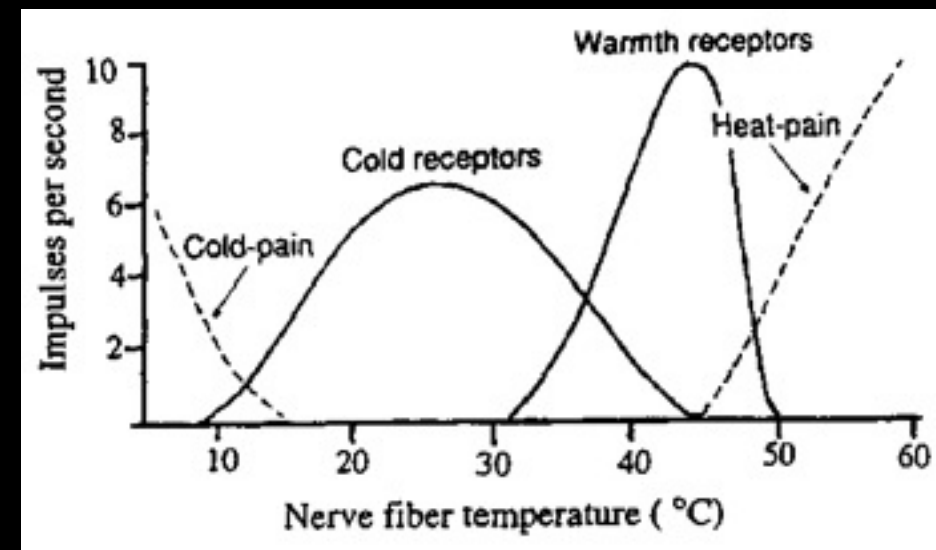
Tastsinn

- 17.000 Tastrezeptoren in jeder Hand
< 200.000 Rezeptoren insgesamt
- ~ 40 MBit/s für Tastsinn



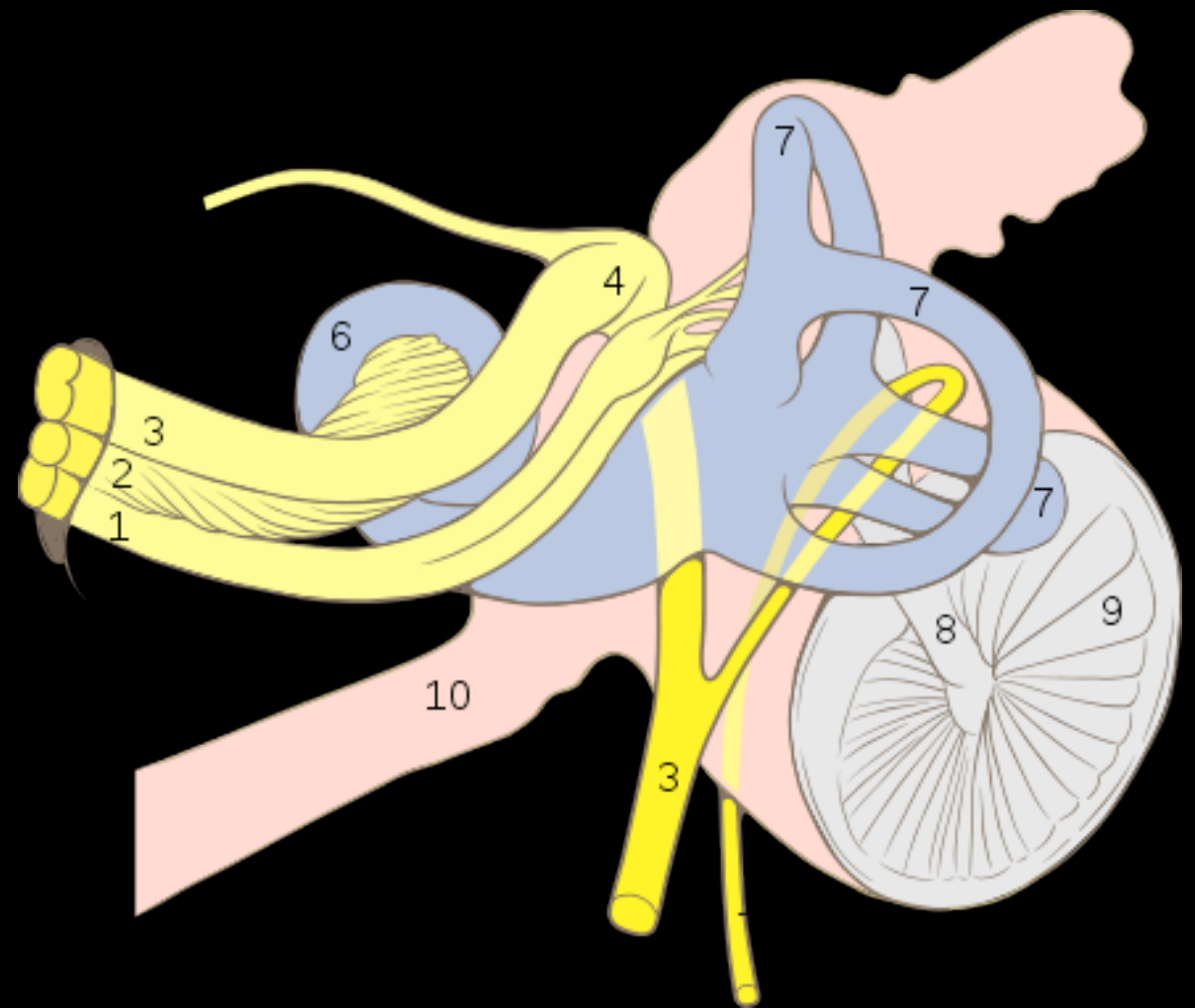
Temperatursinn

- Kältesensoren (5°-43°C)
5-11 pro cm²
- Wärmesensoren (30-48°C)
Hitzeensoren (> 45°C)
0,3-1 pro cm²
- 1,8 m² Haut
150.000 Rezeptoren
- Max 10 Bit/s
~ 1,5 MBit/s



Gleichgewichtsinn

- < 30.000 Neuronen im Nervus vestibulocochlearis
- Endet im Gehörsinn im Gehirn
- Schon eingerechnet beim Hören



Muskeln

- 656 Muskeln
- Präzision
1:1000 (Kraftänderung)
alle 0,01 s
- ergibt ~ 65 Mb/s



Wie viel Internet brauchen wir
maximal?

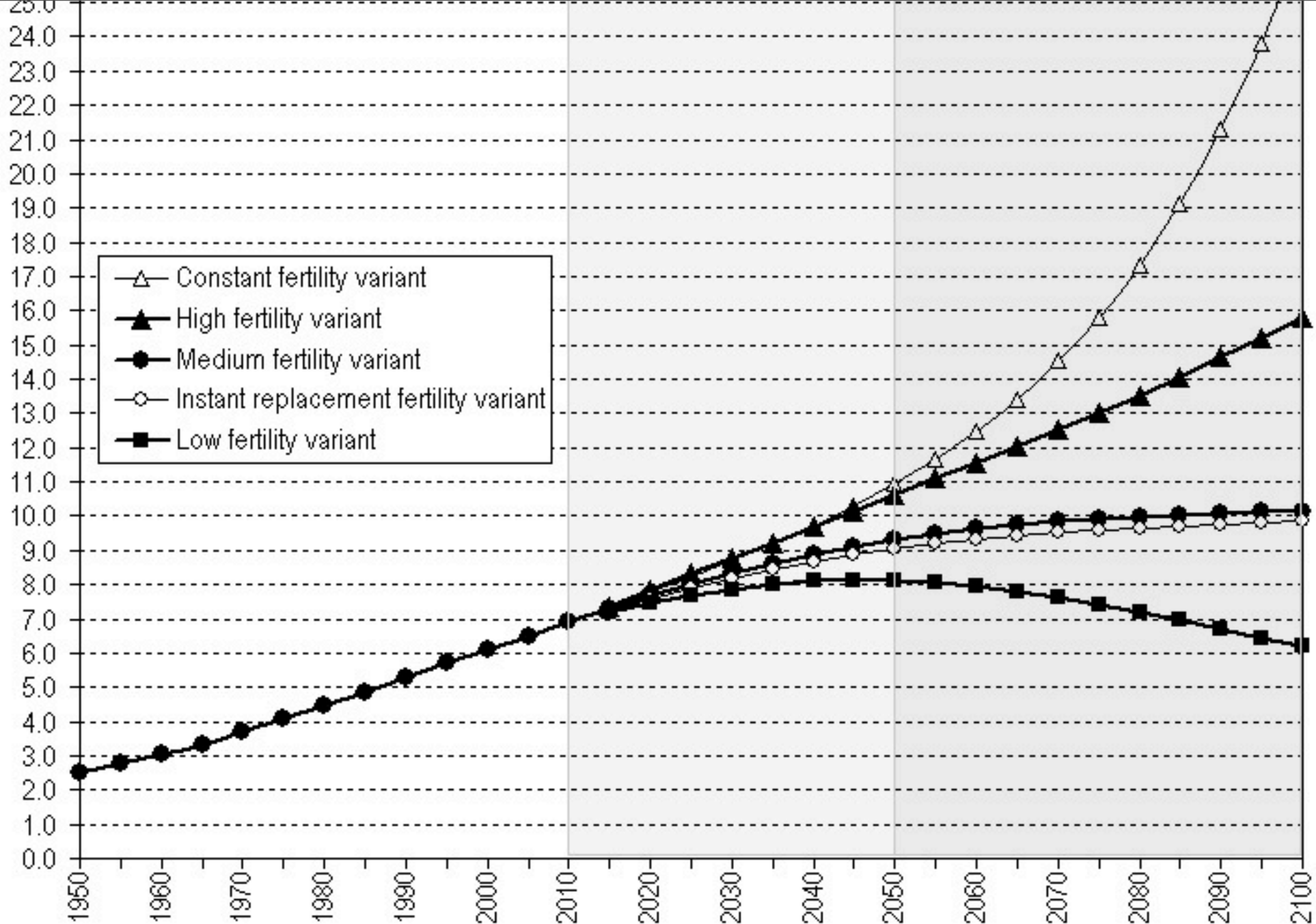
Pro Mensch

	Download	Upload
Augen	240 Mb/s	
Ohren	0,88 Mb/s	
Schmecken & Riechen	0,6 Mb/s	
Tasten	40 Mb/s	
Temperatur	1 Mb/s	
Muskeln		65 Mb/s
Summe	281 Mb/s	65 Mb/s

Download: ~300 Mb/s

Upload: ~70 Mb/s

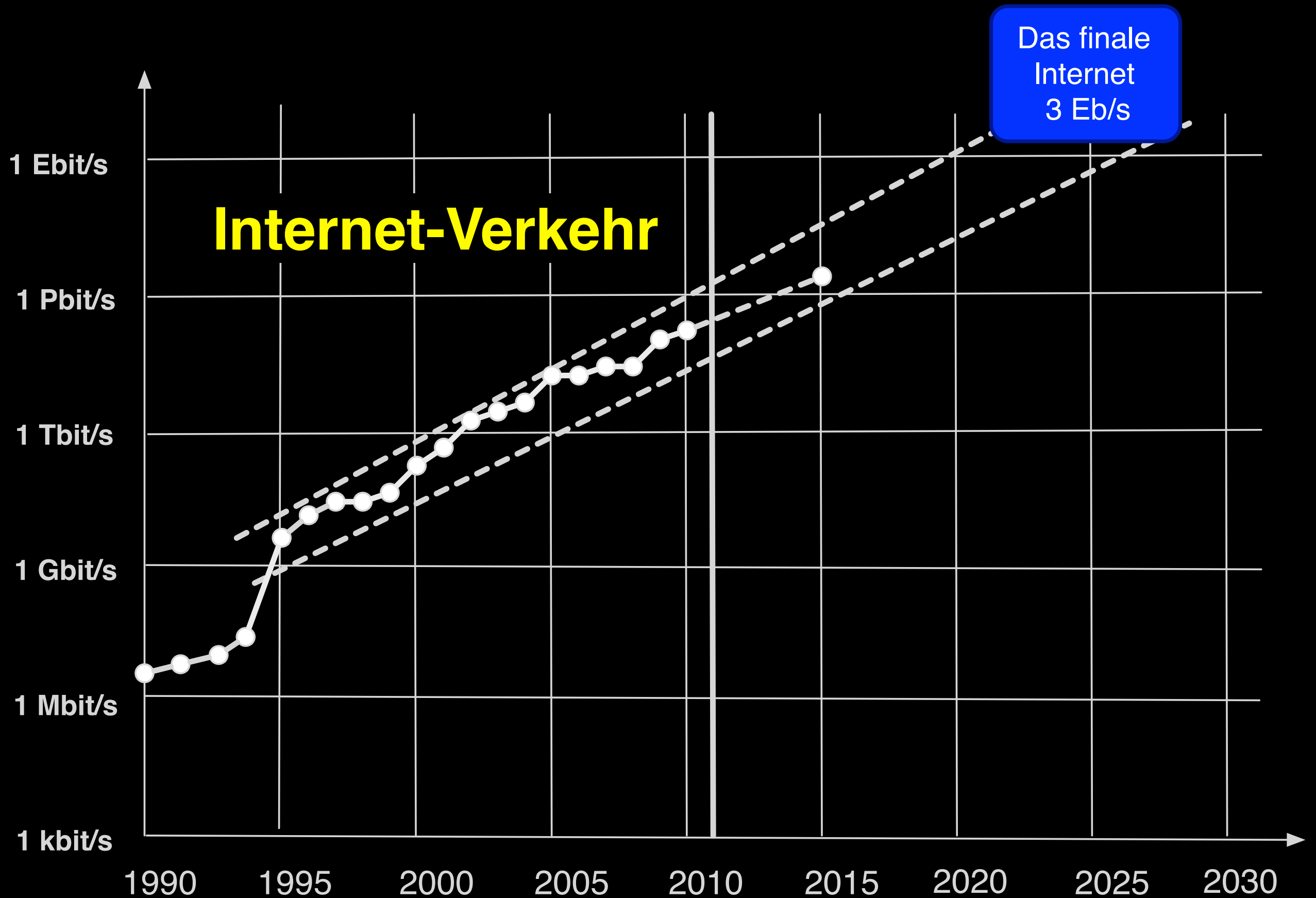
Und ...
wann haben wir es?



Weltbevölkerung

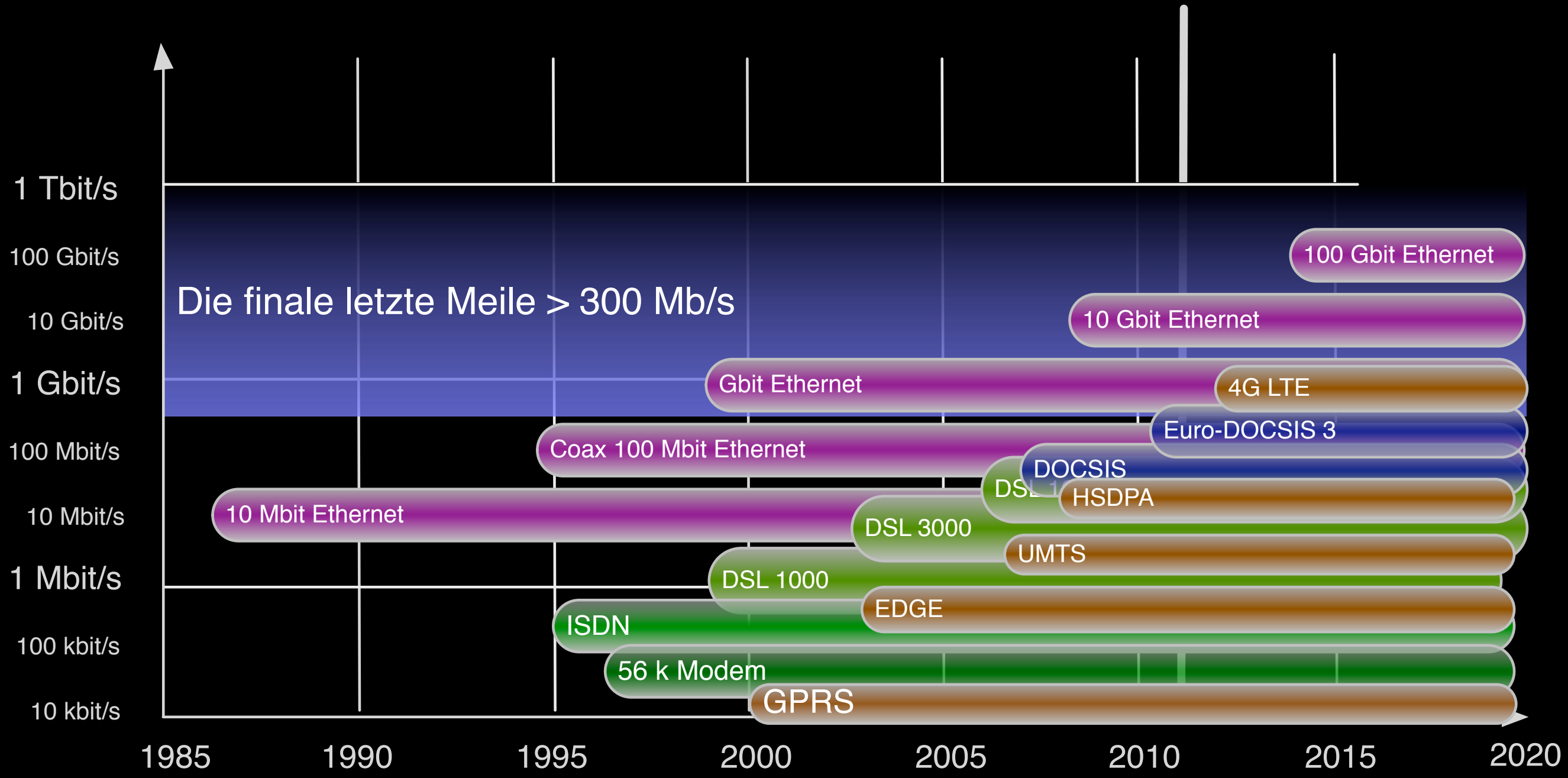
Für alle 10 Mrd. Menschen

3 000 000 000 000 000 Mbit/s
= 3 ExaBit/s



Oder vielleicht doch etwas eher?

Die letzte Meile...



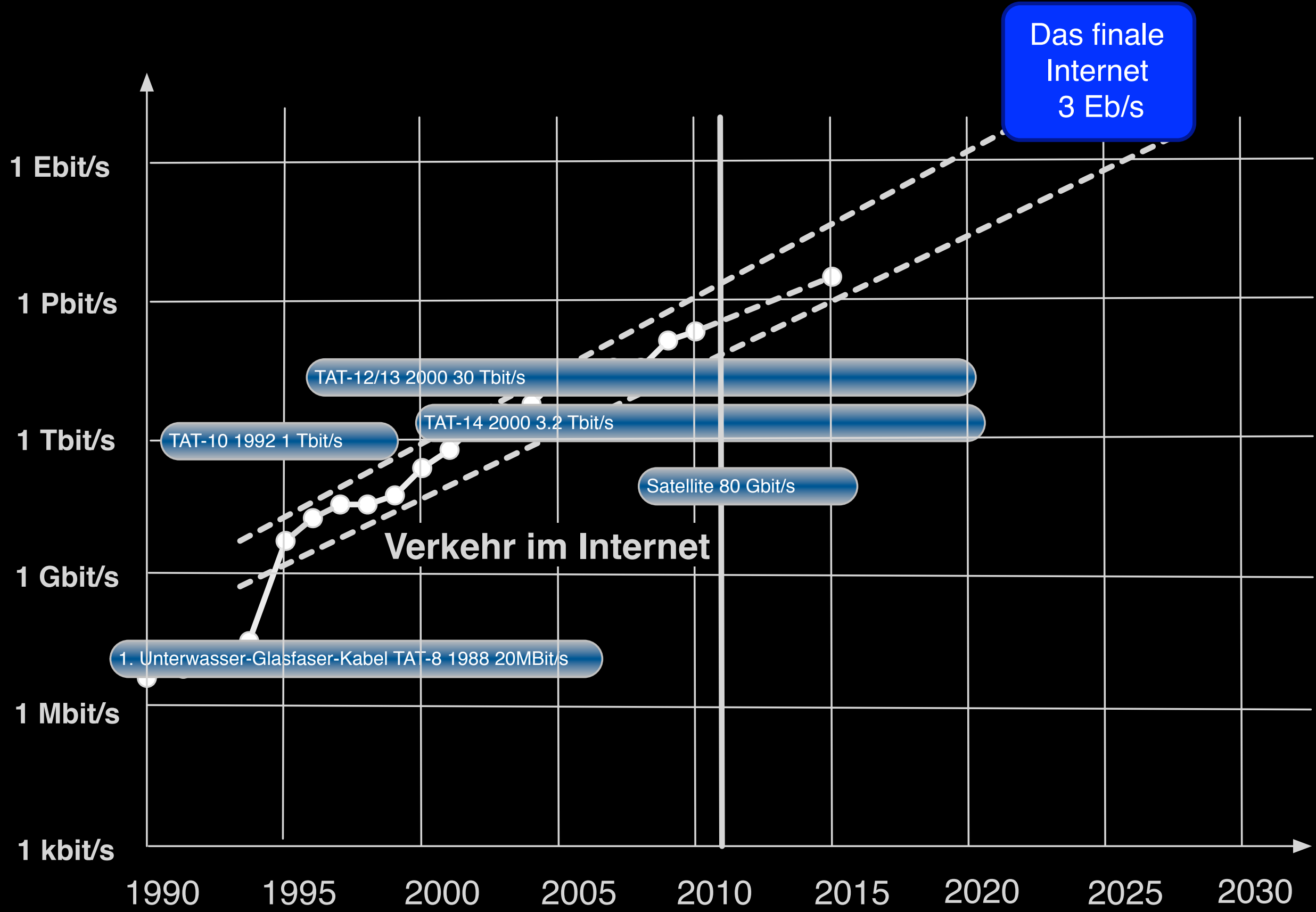
Ist das finale Internet auch
global?

95% des Internets sind unter Wasser



Optical fibre submarine systems





Licht am Ende des Internets?

- Weiße LED

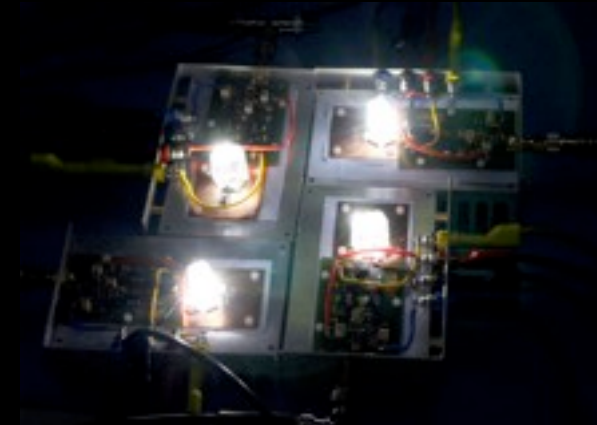
- 2009: 100 Mb/s
- 2011: 800 Mb/s

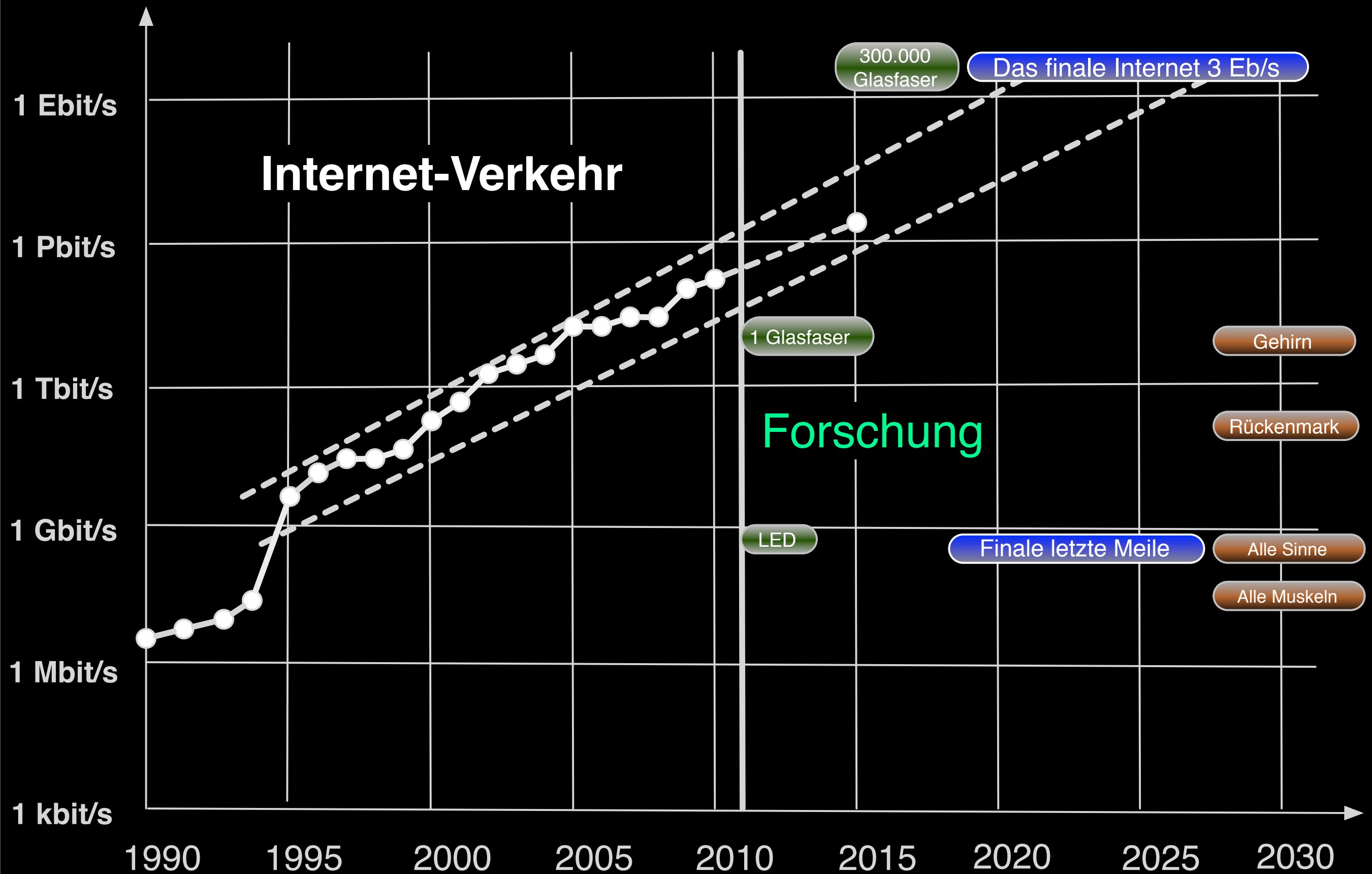
- zum Vergleich

UMTS bis zu 84 Mb/s
4G bis zu 1 Gb/s

- Glasfaser

- 2005: 6 Tbit/s (über 300 km)
- 2011: 10,2 Tbit/s





Alternative Transportlösungen

DVD

- In Deutschland jährlich 100 Mio. DVD
- 8 GB (dual layer) = 64 Gbit
 - ~ 3:30 Min. finales Internet
 - ~ 400 DVDs pro Tag
- Blu-Ray = 50 GB
 - ~65 Blu-rays pro Tag



Festplatten per Post

- 2 TByte
= 16.000.000 Mbit
~ 15 h finales Internet aus der Dose
- monatliche Produktion
Seagate > 20 Millionen
- Haltbarkeit ~ 5 Jahre
- Finales Internet heute schon
erreichbar
für 1 Mrd. Menschen



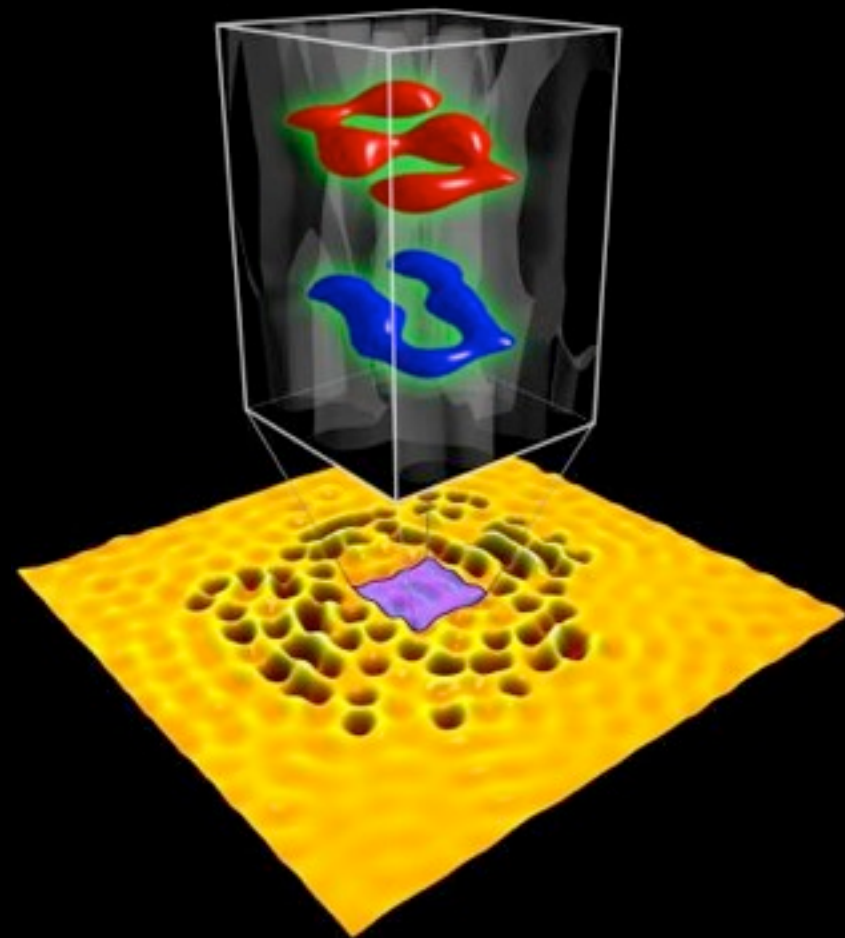
DNA-Net

- Menschliches Genom: 6 Gbit
- Idealer Datenträger
- Beispiel: **Apfel-Netz**
 - 700 Mio. Basenpaare = 1,4 Gbit
 - 20 Mio. Zellen pro Apfel
 - = 28 Pbit
- ~ 3 Jahre finales Internet pro Apfel



Holografischer sub-atomarer Speicher

- Holografische Speicherung auf atomarer Ebene
- 1 Bit auf $0,3 \text{ nm}^2$
- Tagesbedarf von 26 Tbit an Internet auf $2,3 \text{ mm}^2$



Mensch-Internet-Interface

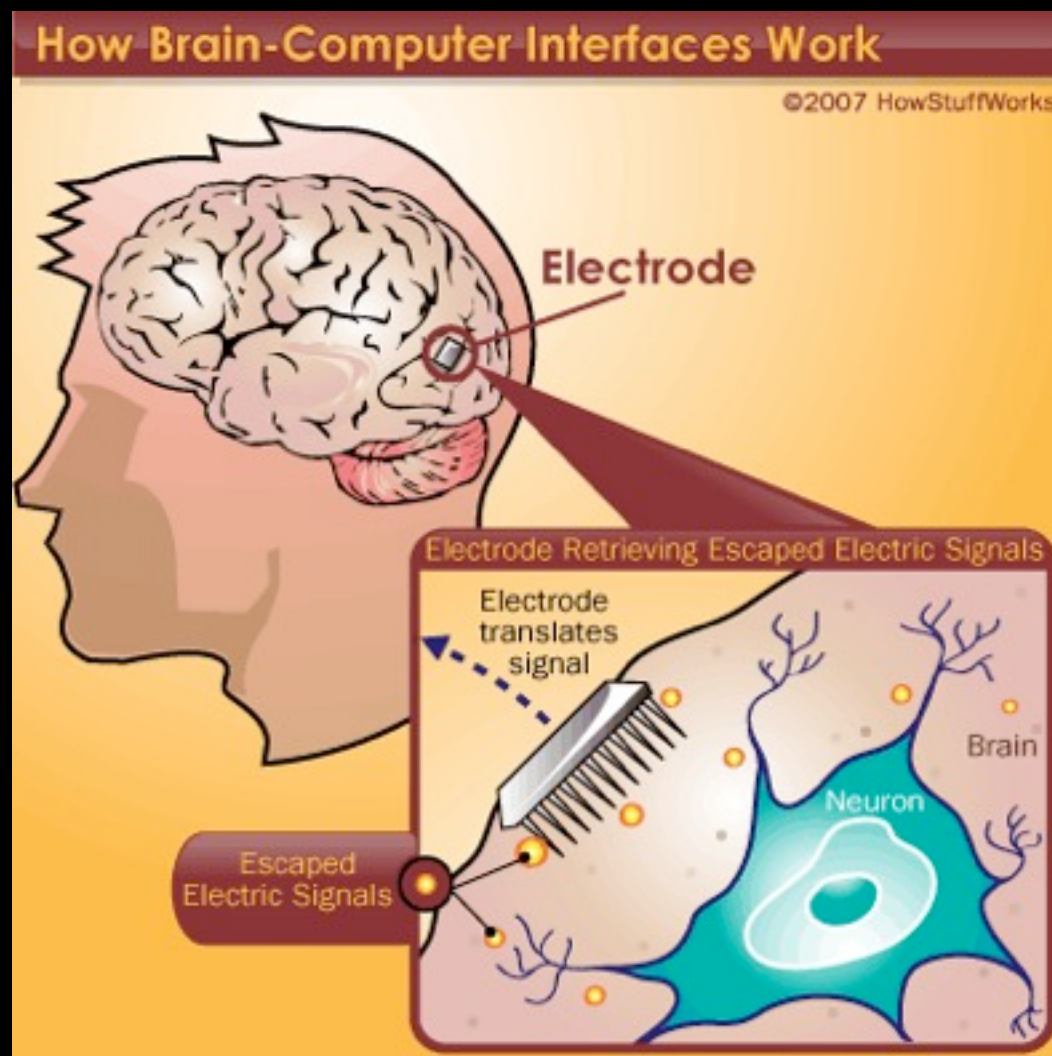
Interfaces



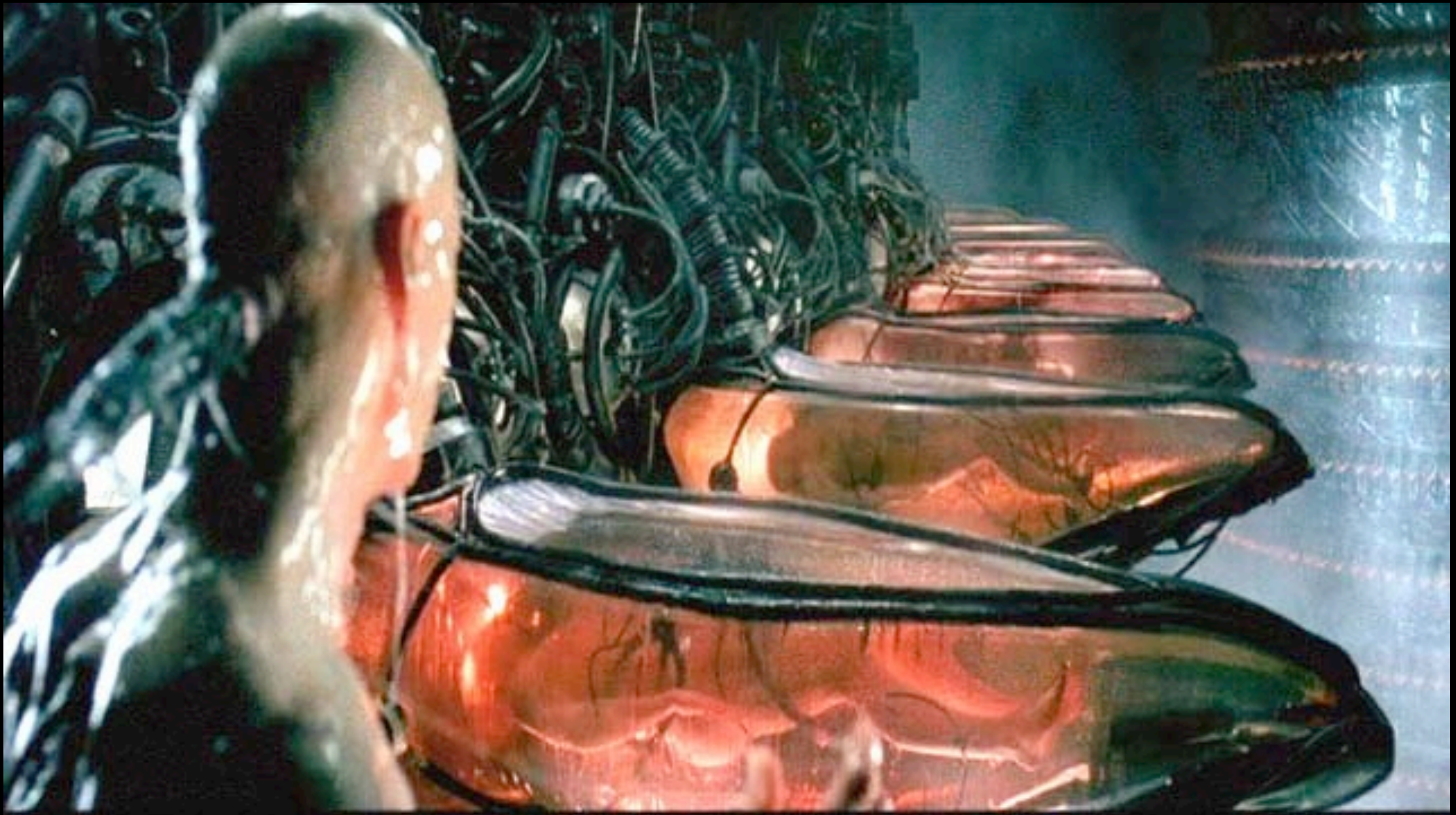
- Sehen
- Hören
- Riechen
- Schmecken?
- Temperatur?
- Tastsinn
- Muskeln

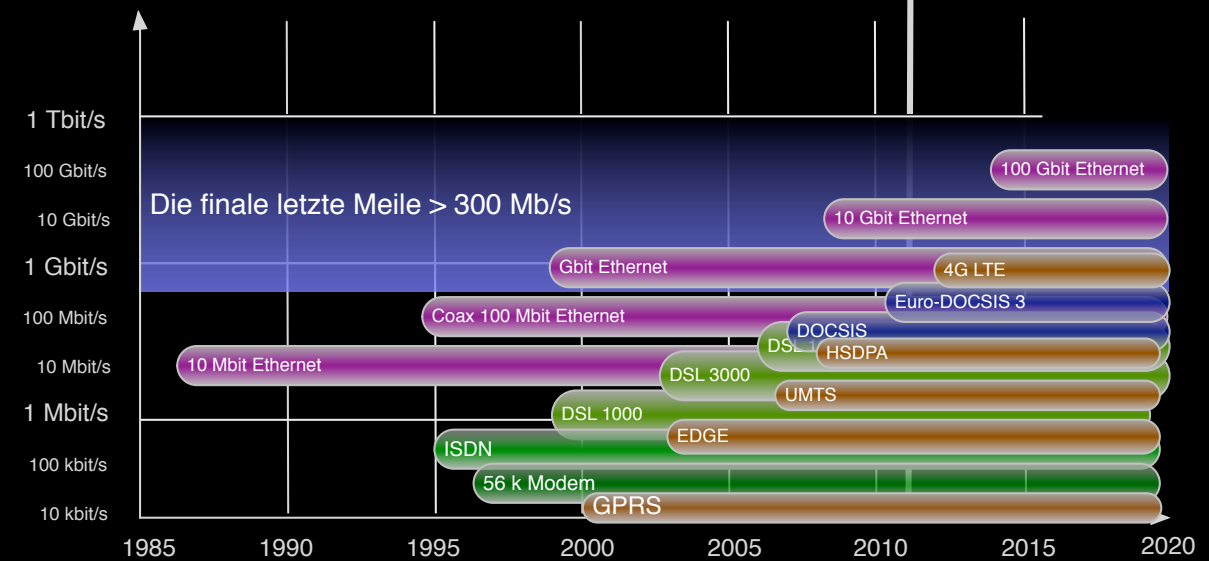
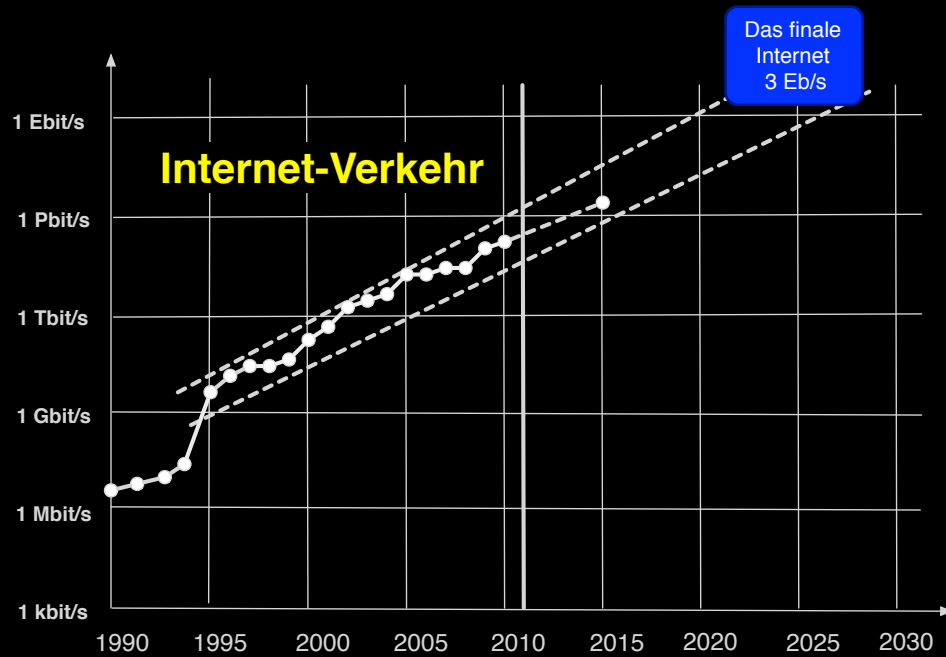


Brain-Computer-Interface



Finales Internet?





Das finale Internet hat dich (bald)

Das finale Internet

Wie viel Internet braucht die Menschheit

Weihnachtsvorlesung 2011

Christian Schindelhauer

Lehrstuhl für Rechnernetze und Telematik

Technische Fakultät Freiburg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg