



- Schmerz-Physiologie – Entstehung, Weiterleitung, Chronifizierung

Niederalt, Georg

Pflegemanagement B.A.

Betriebswirt im Sozial- und Gesundheitswesen

Fachkrankenpfleger für Anästhesie und Intensiv

Stationsleitung ITS-Abteilung für Gastroenterologie u. Infektiologie
am Klinikum der Universität Regensburg



Ureigenes Pflegegebiet

- **1850/51 Florence Nightingale, Krimkrieg**
- **Jean Henri Dunant (1828-1910), Solferino**
Elend der verwundeten und sterbenden Krieger



Schmerz

- **Bedürfnismodelle nach**
 - V. Henderson**
 - F. Abdellah**
 - D. Orem**
 - L. Juchli,**
 - N. Roper**
 - M. Krohwinkel**

Schmerz – Aufgabengebiet der Pflege

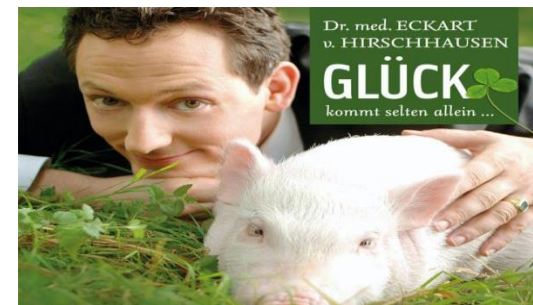
Glück ist, wenn der Schmerz nachlässt

- Wir müssen dem Schmerz dankbar sein, dass es ihn gibt.
- Unser Wunsch, Schmerzen zu vermeiden, lässt uns leiden.
- Dafür tun Körperteile weh, die wir nicht mehr haben.
- Wir spüren lieber Schmerzen als gar nix.
- Wir können Schmerzen trainieren und abtrainieren.



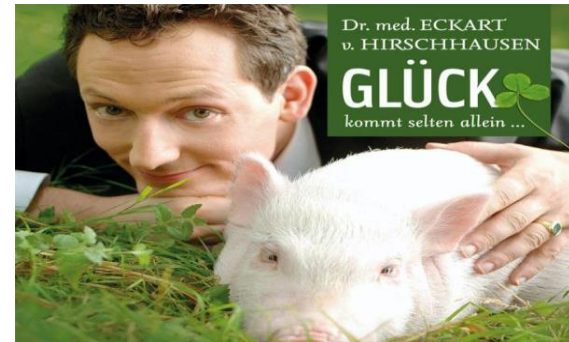
Wir lieben den nachlassenden Schmerz

- Unser Gehirn braucht den Schmerz als Vergleich, damit wir wieder wissen, was Glück ist.



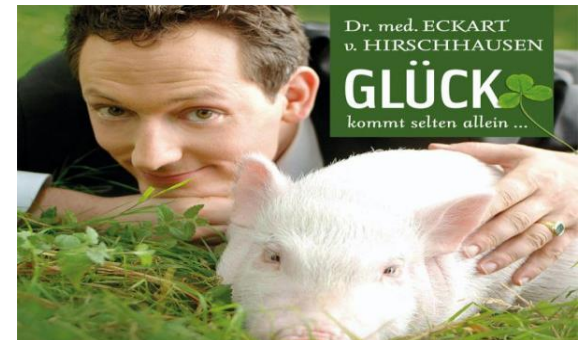
Schmerz ist ein Glückskiller

- Unser Wunsch, Schmerz zu vermeiden, lässt uns leiden:
- Nachweislicher Bandscheibenvorfall ist dem Pat. Nicht bekannt → den Körper zum Arbeiten
- Ein anderer leidet schwer, → kaum Rückenmuskulatur, → im Röntgenbild keine Abnutzung

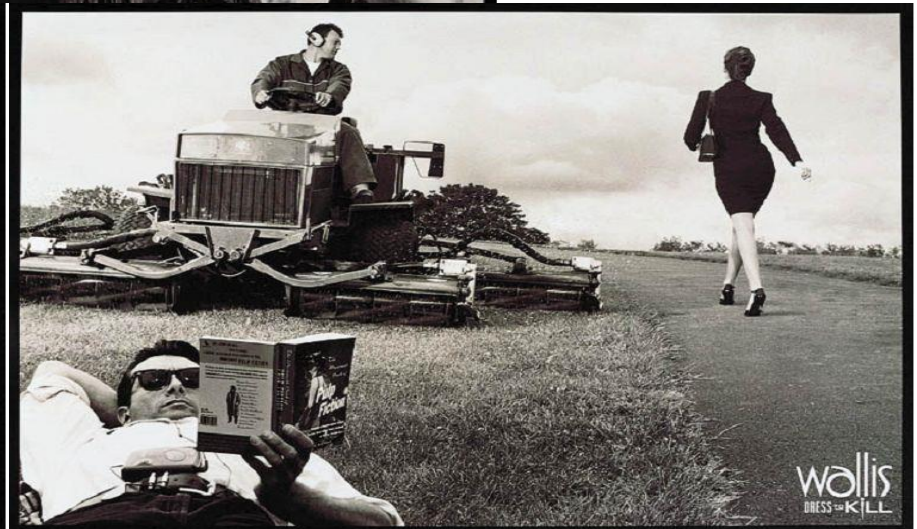
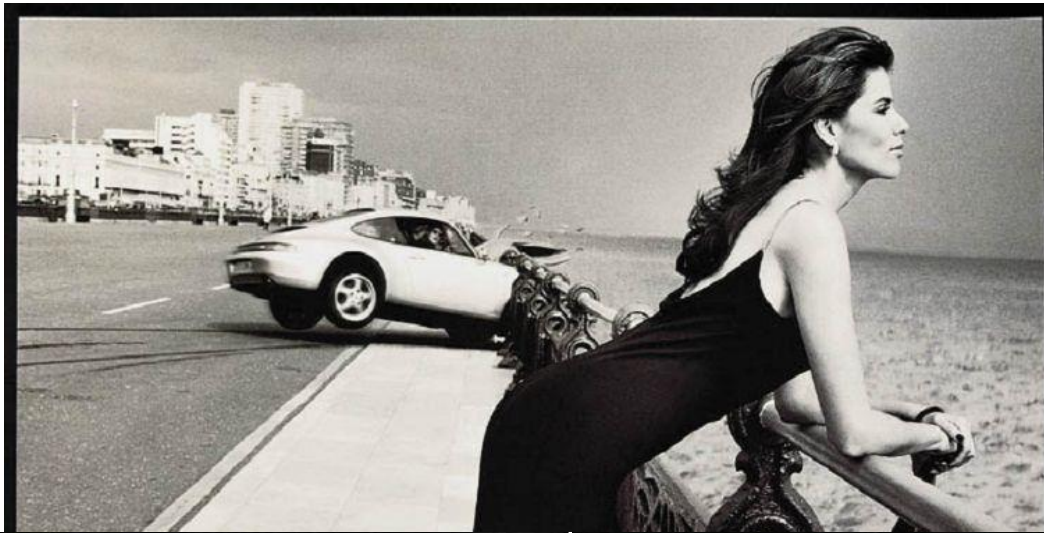


Schmerz ist ein Glückskiller

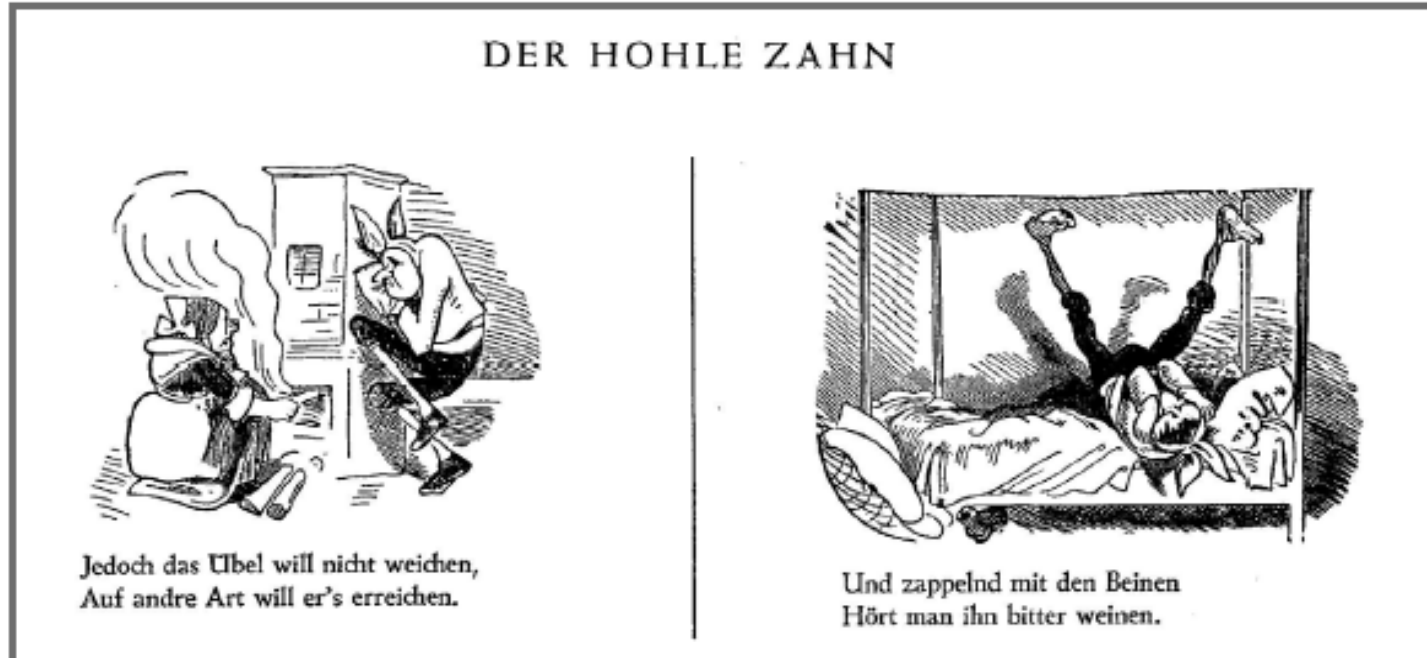
- „No news are good news“
- Schmerzen sind immer „bad news“
- Wenn man über 50 Jahre ist und ohne Schmerzen aufwacht, ist man tot.
- Worüber wir lachen können, daran zerbrechen wir nicht.



Schmerz ist ein Glückskiller



1. Die Empfindung Schmerz



Definition

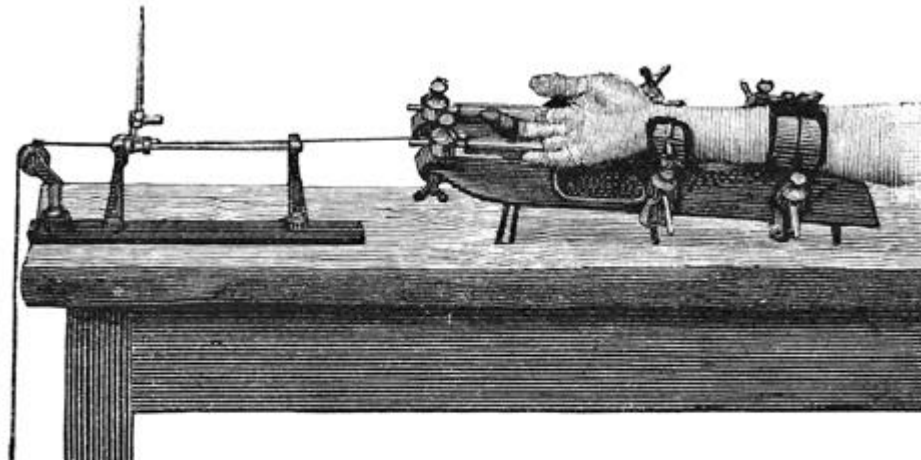
„... ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit aktueller oder potentieller Gewebsschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird.“

Schmidt/Thews: Physiologie des Menschen. 26. Auflage, Springer 1995, S. 236

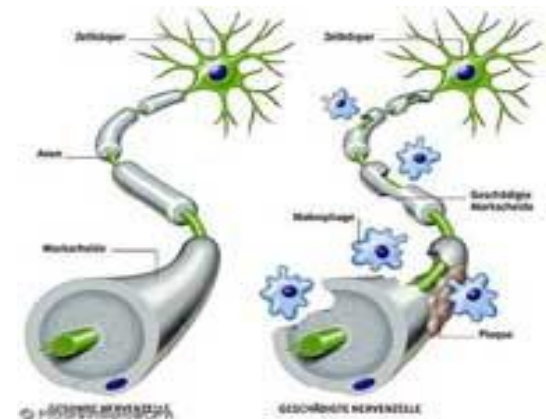
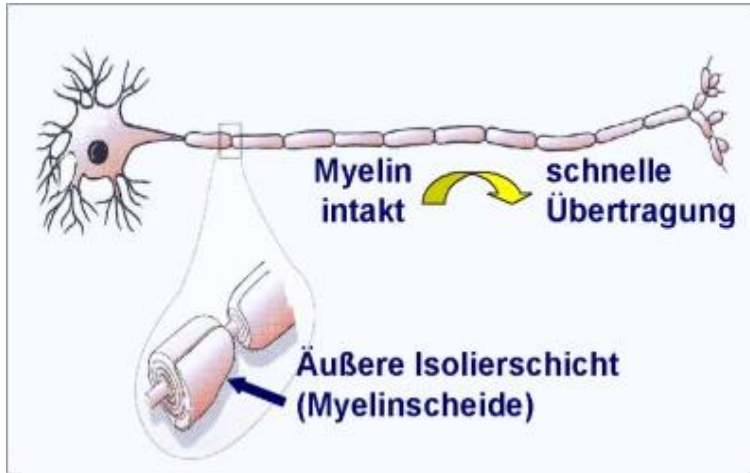
Descartes (1596 - 1650)



Im Dienste der Forschung

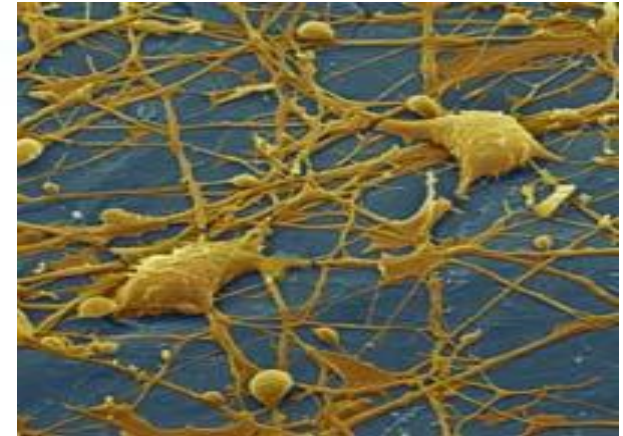


Rudolf Ludwig Karl Virchow



Physiologie des Schmerzes

Nozizeptoren



Nozizeptoren

- Sind freie Nervenendigungen von A δ - und C-Nervenfasern
- Sind sehr zahlreich in der Haut, aber auch in der Muskulatur, dem Periost, in den Kapseln innerer Organe und in den Wänden der Gefäße und Hohlorgane zu finden
- Können durch verschiedene Reize, z. B. thermische, mechanische und chemische Reize erregt werden

Physiologie des Schmerzes

Weiterleitung des Schmerzreizes

● Die Weiterleitung des Schmerzreizes erfolgt über die entsprechenden **A δ -** und **C-Fasern** der Nozizeptoren

● **A δ -Fasern**

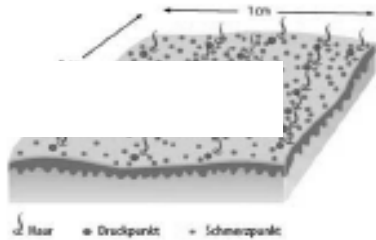
- Mit einer dünnen Myelinscheide versehene, schnelle Nervenfasern
- Leitungsgeschwindigkeit: ca. 15-20 m/s (2-40 m/s)
- Leiten den ersten "hellen" Schmerz
- Verantwortlich vor allem für das Auslösen des "Fluchtreflexes", wie z. B. das Wegziehen eines Körperteils von der Gefahrenquelle.

● **C-Fasern**

- Nicht-myelinisierte, langsam leitende Nervenfasern
- Leitungsgeschwindigkeit: ca. 1-2 m/s
- Verantwortlich für den sogenannten zweiten "dumpfen" Schmerz



Schmerzrezeptoren der Haut

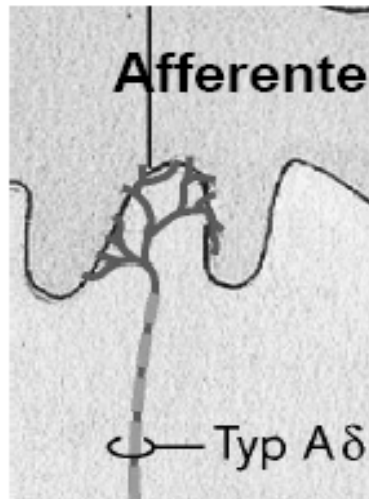


(ca. 50-200
Schmerzpunkte
pro cm²)



1. Schmerz

- sofort
- hell, stechend
- gut lokalisierbar
- Fluchtreflexe
- kaum Gefühlsreaktion



Typ Aδ



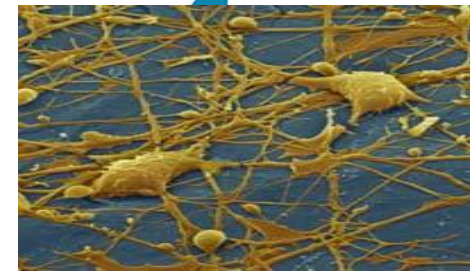
Typ C

2. Schmerz

- ~0.5-1s später
- dumpf, brennend
- unklar lokalisierbar
- Schonhaltung
- Unlustgefühle, vegetative Reaktionen

Kognitive Funktion
Flucht

Schutzfunktion
Heilung



2.2.1. Schmerzstoffe

Def.: Chemische Stoffe, die bei Gewebeschädigung oder Entzündung freigesetzt werden und Nozizeptoren erregen oder sensibilisieren

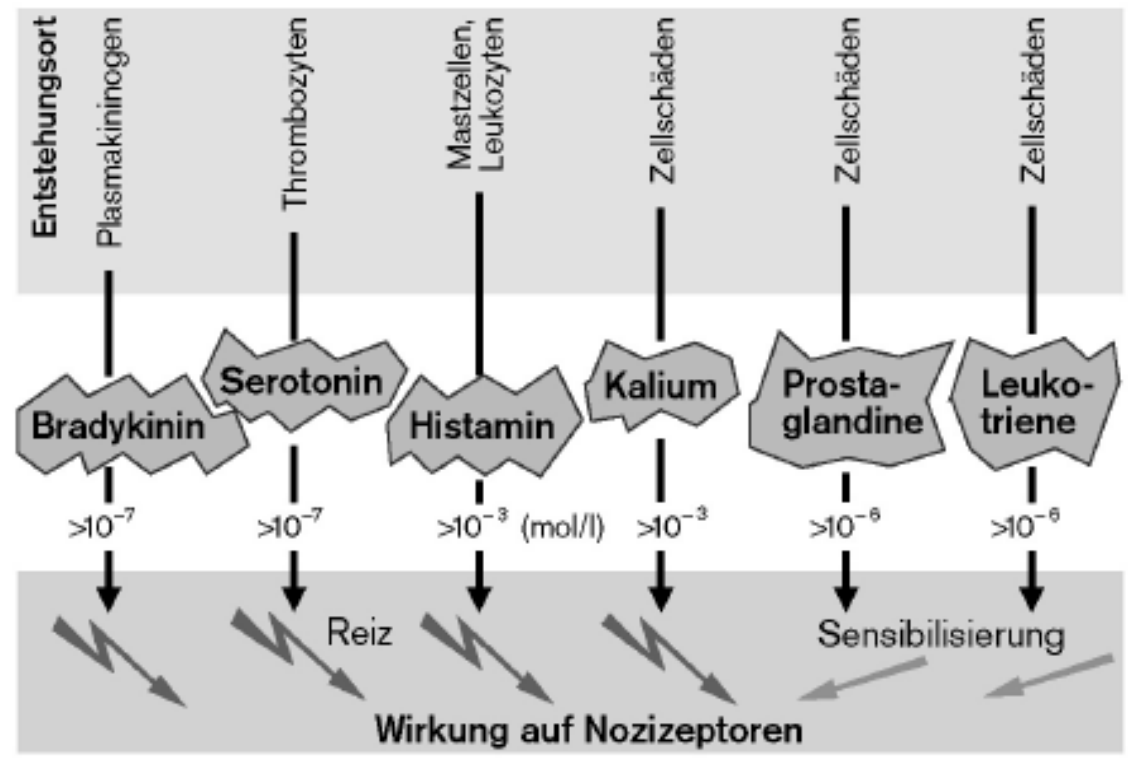
z.B.:

- Prostaglandine
- Histamin

Freisetzung z.B. bei:

- Verletzung
- Entzündung
- Blutgerinnsel
- nervaler Überaktivität
 - Muskelkontraktion
 - Sympathikusaktivierung
- Ischämie

— Abb.21.18 Die wichtigsten Schmerzstoffe des Menschen —

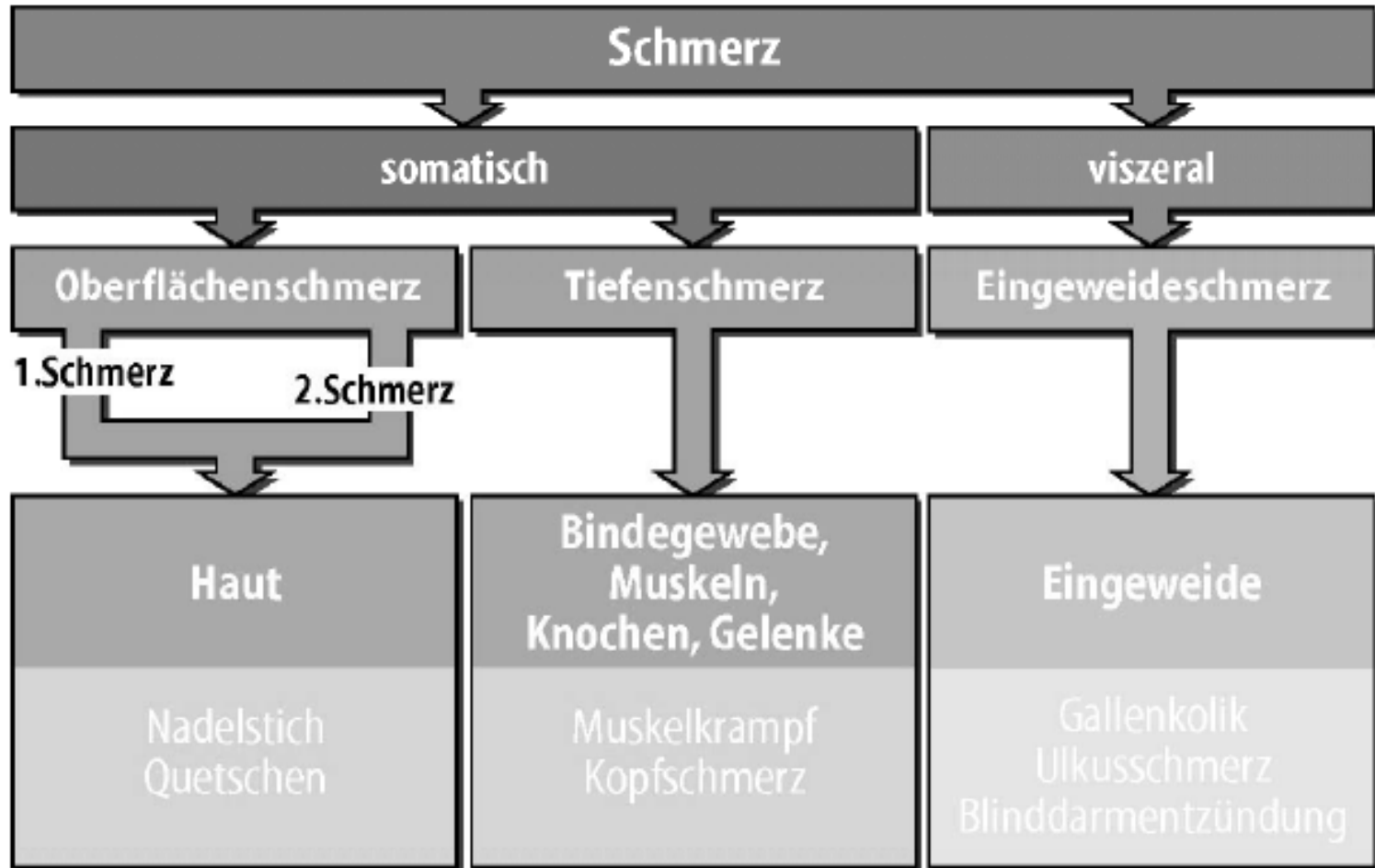


aus: Klinke/Silbernagel: Lehrbuch der Physiologie, 2. Aufl. 1997

© Georg Thieme Verlag, Stuttgart



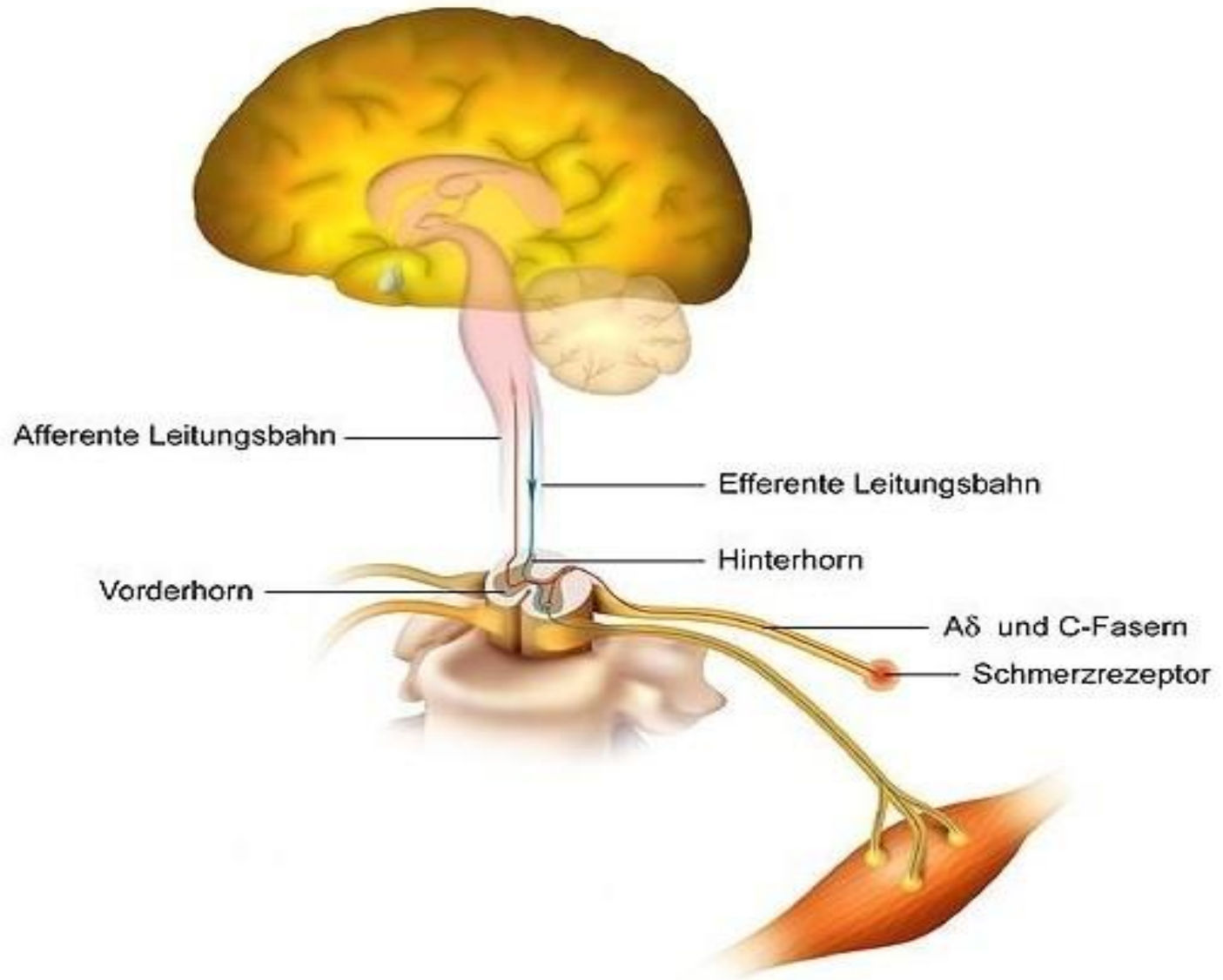
Einteilung von Schmerzen



- nach Schmerzlokalisierung
- nach Sitz der Rezeptoren

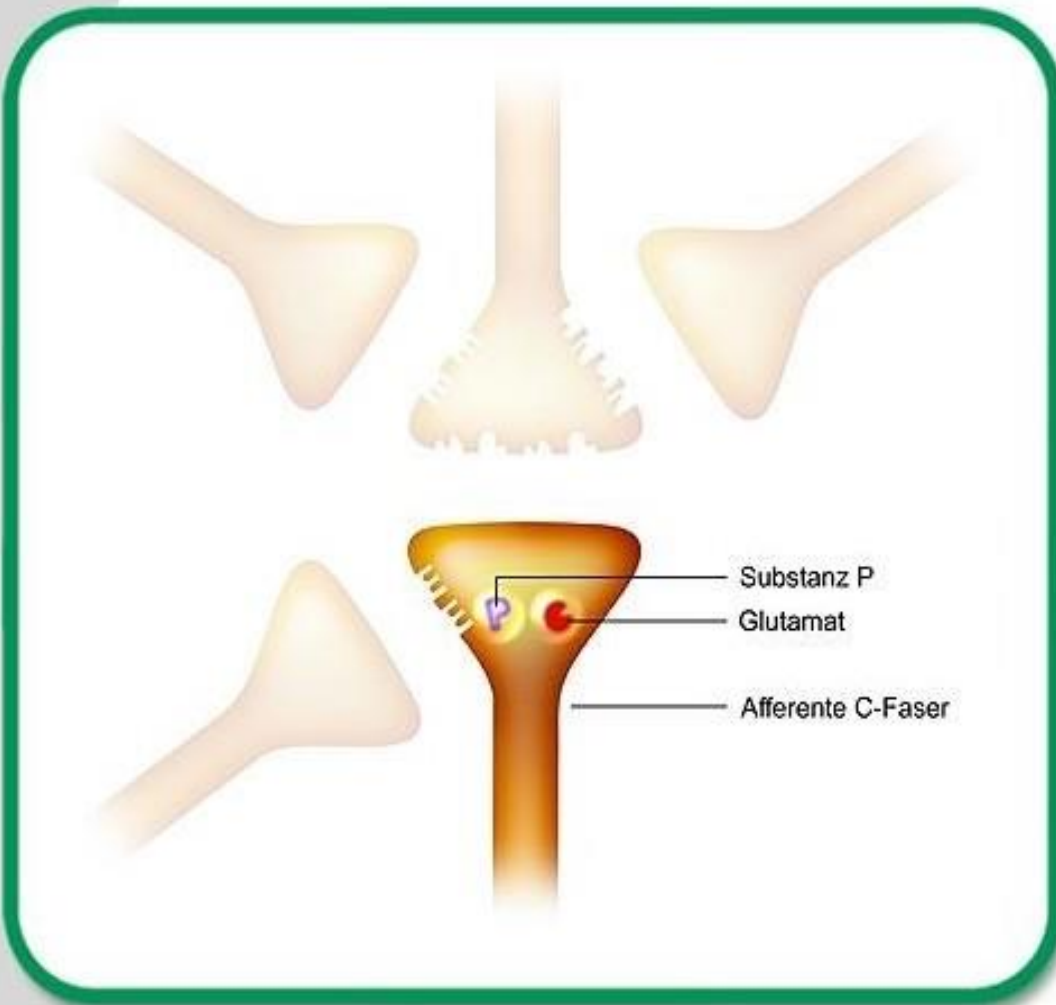
Beispiele





Physiologie des Schmerzes

Aszendierende Schmerzleitung im Rückenmark (1)

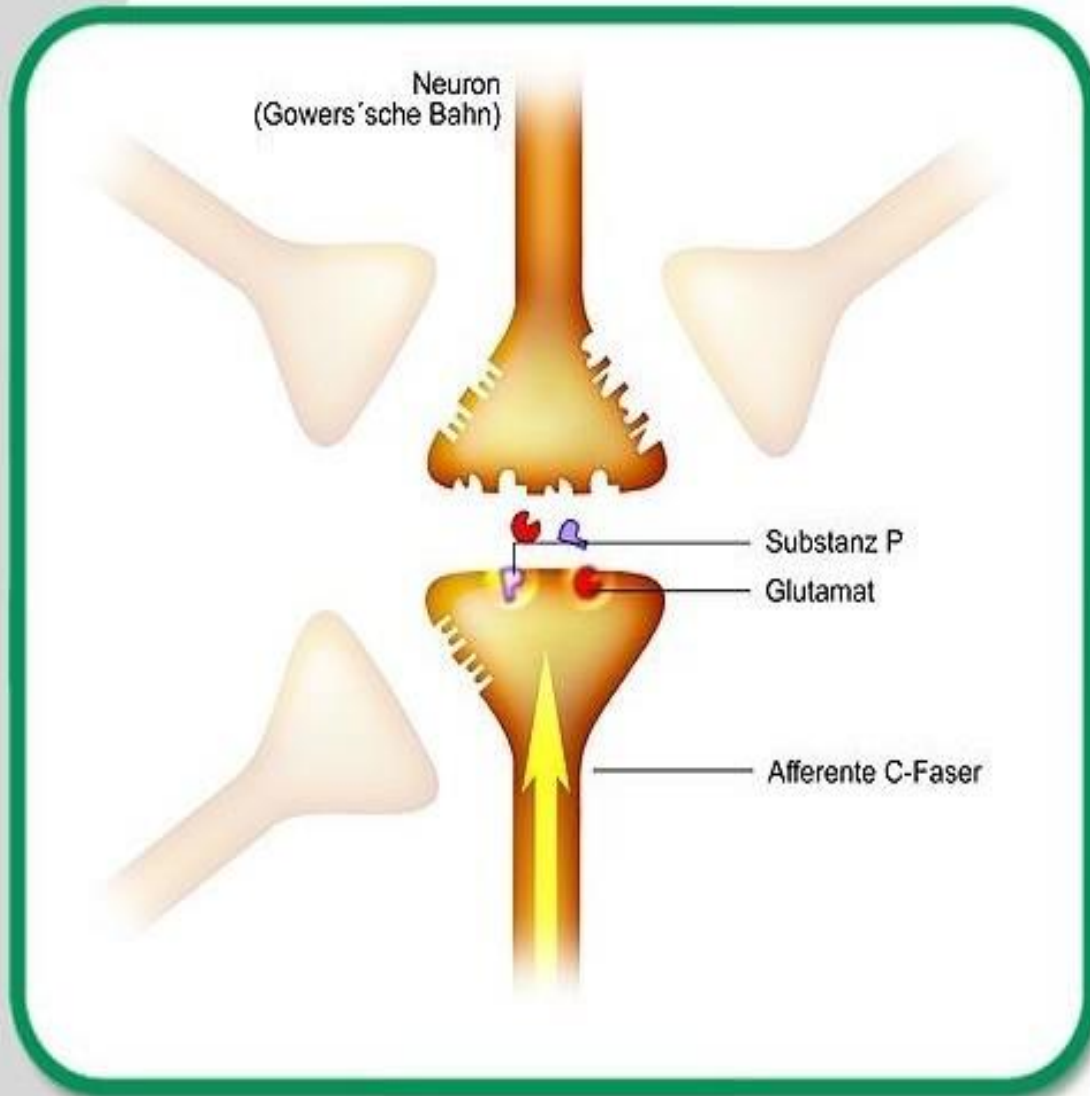


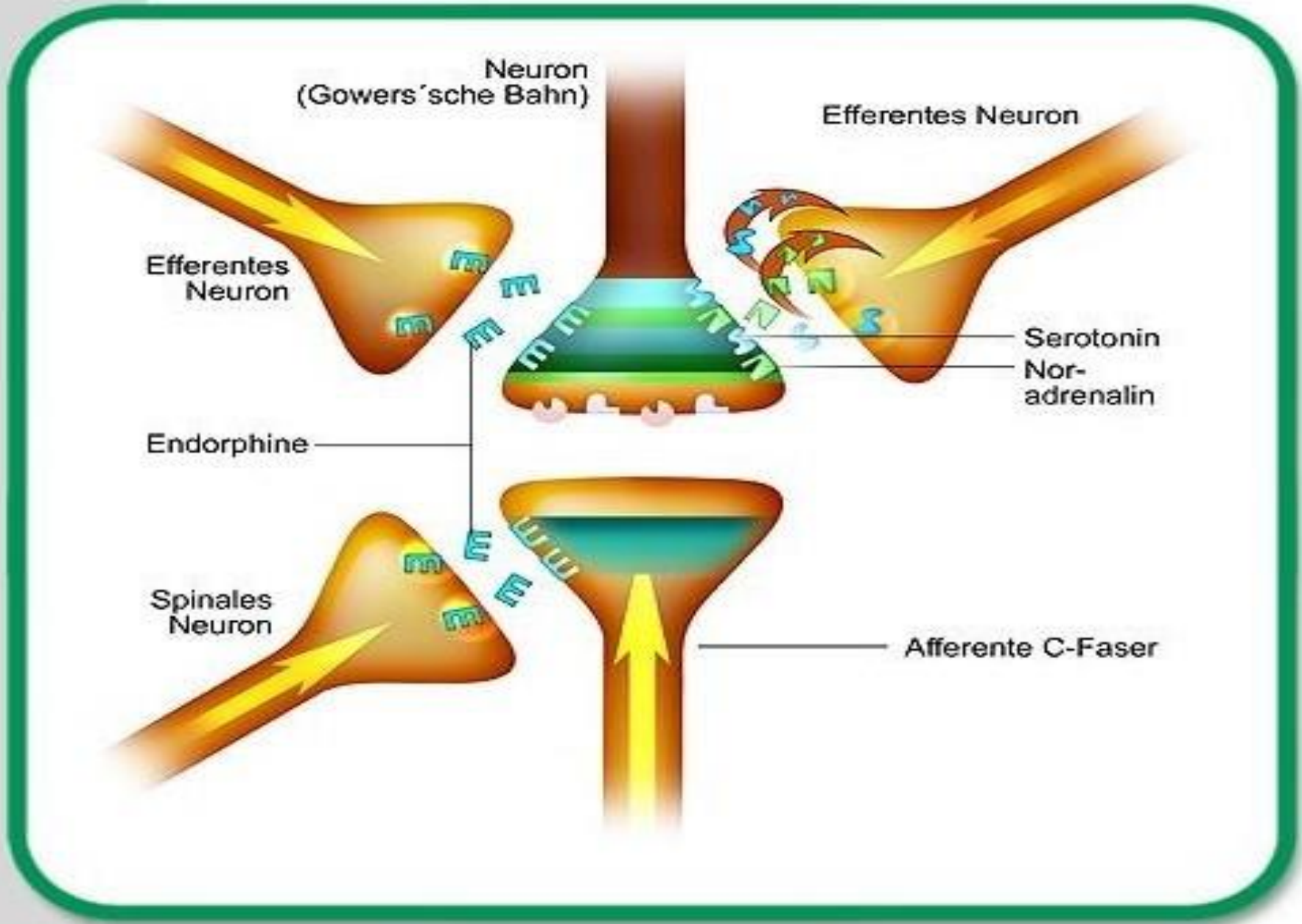
- Wichtige exzitatorische Neurotransmitter sind Substanz P, Neurokinin A und Glutamat

Physiologie des Schmerzes

Aszendierende Schmerzleitung im Rückenmark (2)

- Ankommende Schmerzreize führen zur Freisetzung von exzitatorischen Neurotransmittern





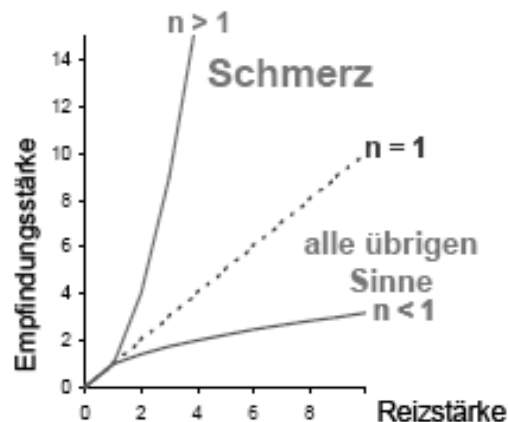
tut´s wirklich nicht weh?



1.2. Funktion der Schmerzempfindung

Fall 1: Als Säugling erschien Christiane D. ihrer Umgebung völlig normal. Sie entwickelte sich aber zu einem äußerst reizbaren Mädchen, das bei seinen Wutausbrüchen rücksichtslos seinen Kopf auf den Fußboden hämmerte, so daß sich häufig große Blutergüsse bildeten. Beim Kauen biß sie sich oft die Zunge blutig. Die Zungenspitze fehlte schließlich völlig. Schon mit 3 Jahren erlitt sie schwere Verbrennungen, als sie sich längere Zeit auf einen eingeschalteten Heizstrahler kniete. Von ihrer frühesten Kindheit an traten immer wieder schwere Gelenk- und Knochenentzündungen auf. C. D. starb mit nur 29 Jahren an den schweren, von den Gelenken und Knochen auf den gesamten Körper übergreifenden Infektionen. Sie litt an einer angeborenen, völligen Schmerzunempfindlichkeit [24].

Signal- und Warnfunktion

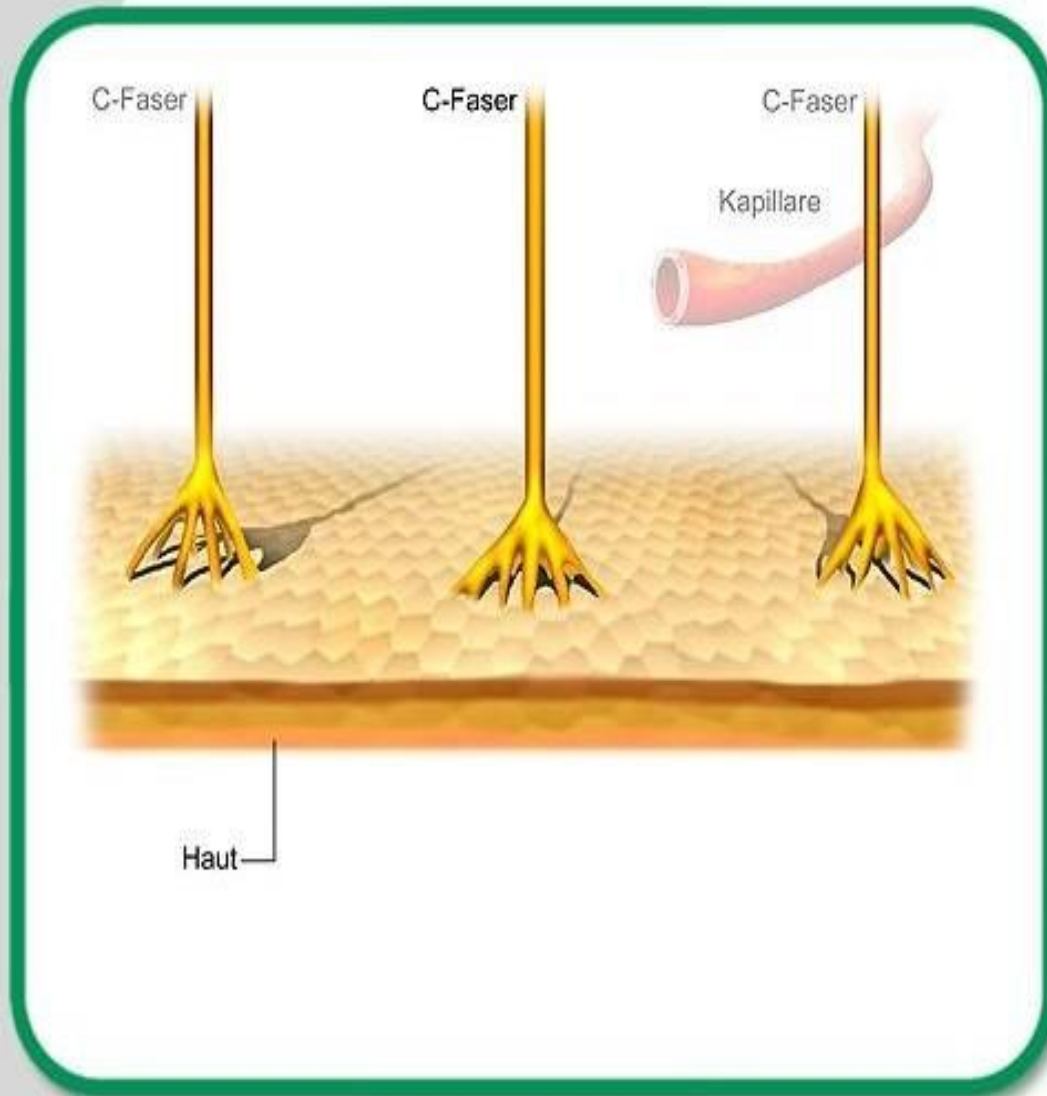


$$E \sim \Delta I^n$$

Grad der Schmerzempfindung:

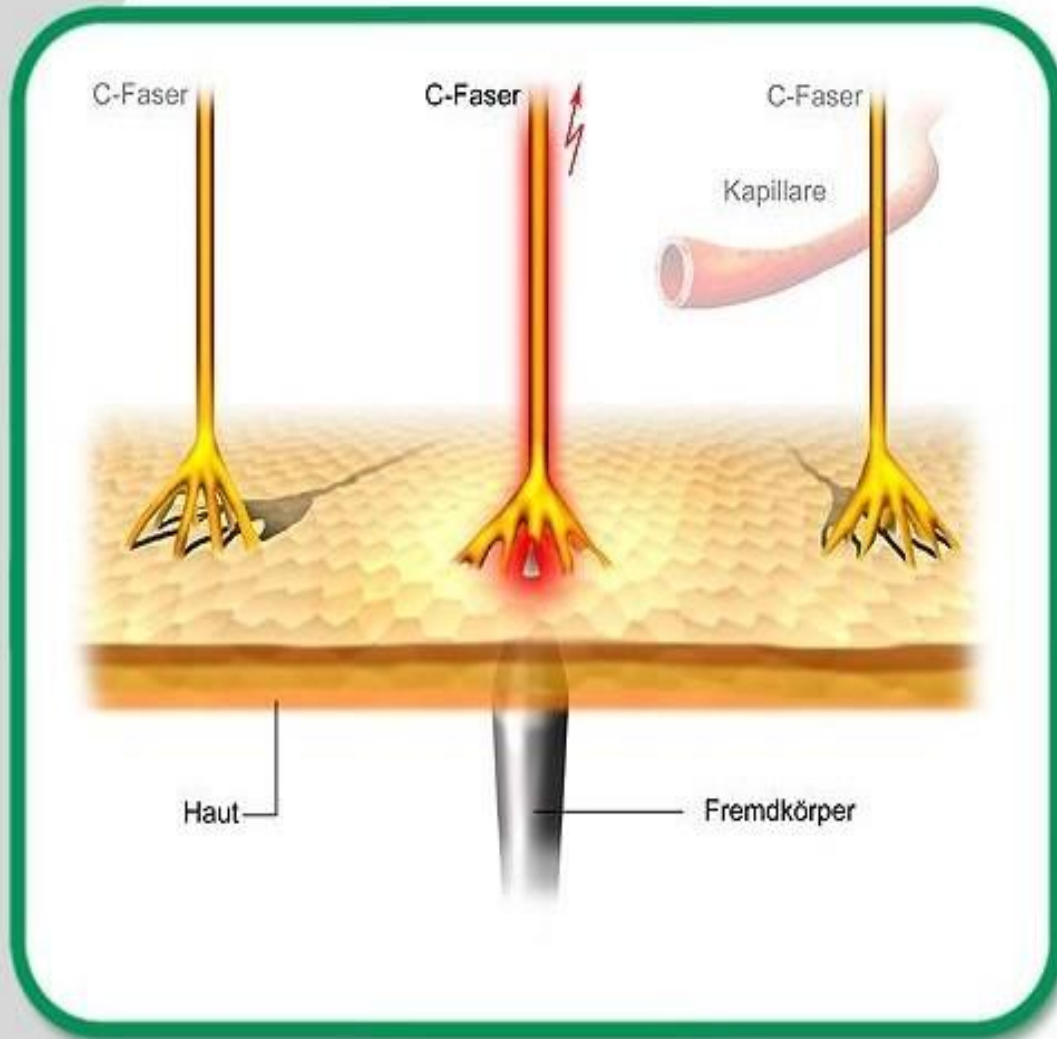
- Kein Abklingen über Zeit
- oft keine Korrelation mit Schädigungsgrad

Chronifizierung Prinzip der peripheren Sensibilisierung (1)



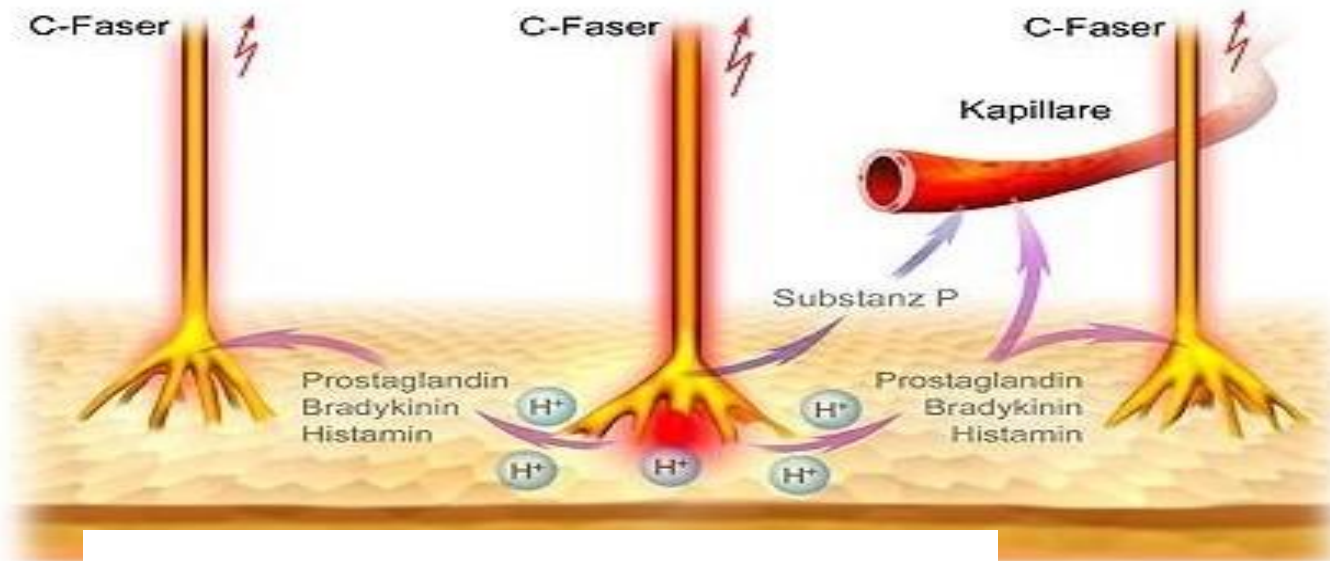
- In der Haut befinden sich zahlreiche Nozizeptoren. Für die Sensibilisierung sind C-Fasern von besonderer Bedeutung

Chronifizierung Prinzip der peripheren Sensibilisierung (2)



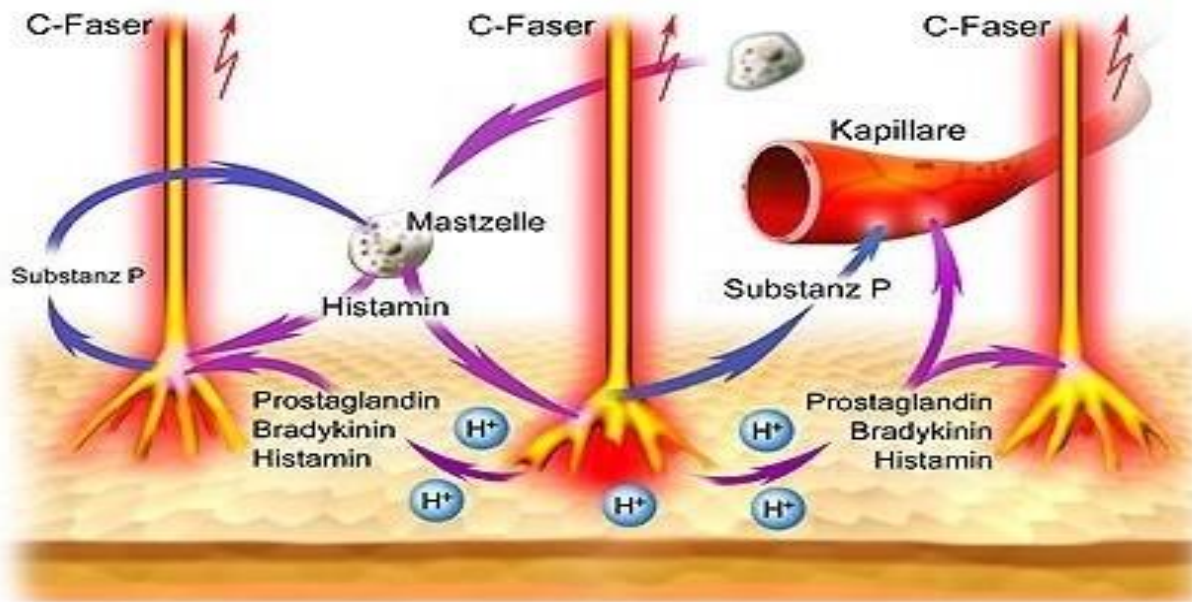
- Die Nervenfasern reagieren auf schädigende Einflüsse mit einem Aktionspotential

Chronifizierung Prinzip der peripheren Sensibilisierung (3)



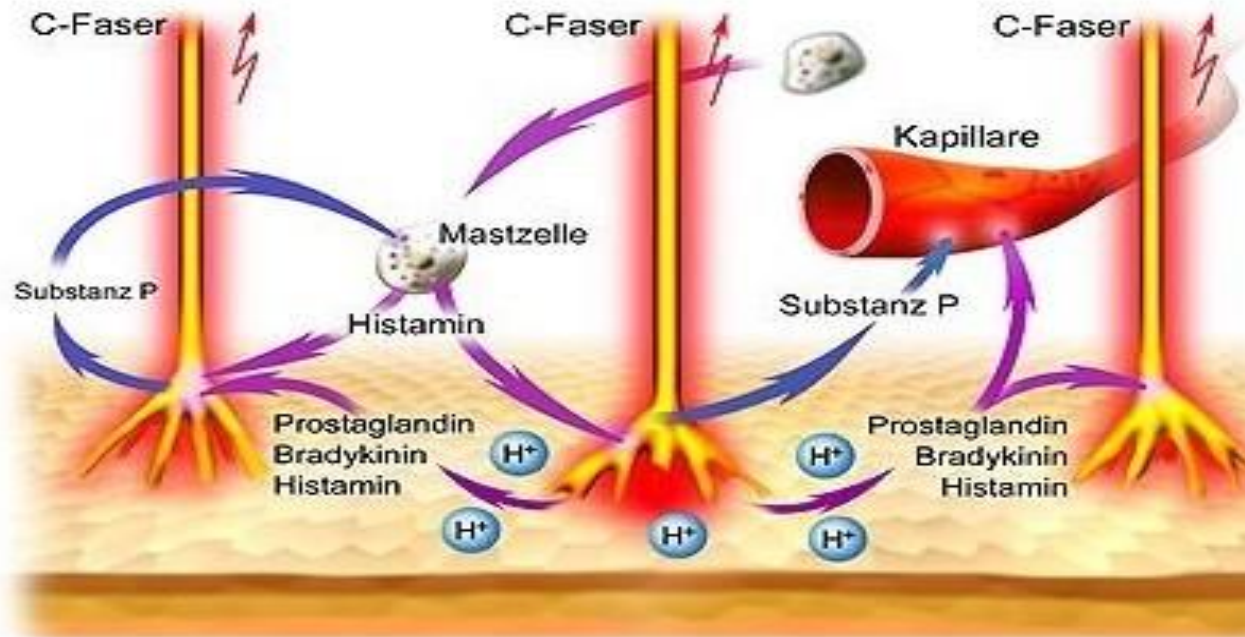
- Freigesetzte Entzündungsmediatoren wecken "schlafende" Neurone und sensibilisieren die Nozizeptoren

Chronifizierung Prinzip der peripheren Sensibilisierung (4)



- Die afferenten C-Fasern reagieren auf den Reiz mit einer peripheren Ausschüttung von Neuropeptiden (Substanz P, Calcitonin Gene-Related Peptide und Neurokinin A) = neurogene Entzündung

Chronifizierung Prinzip der peripheren Sensibilisierung (5)



- Folge der Sensibilisierung, des Weckens schlafender Neurone sowie der neurogenen Entzündung ist eine verstärkte Aussendung nozizeptiver Reize

Chronifizierung Periphere Sensibilisierung



Erniedrigung der Reizschwelle der peripheren Nozizeptoren

- Verstärkung der Reaktion auf nozizeptive Reize
- Entwicklung von Spontanaktivität

"Wecken schlafender Neurone"

Neurogene Entzündung

Chronifizierung

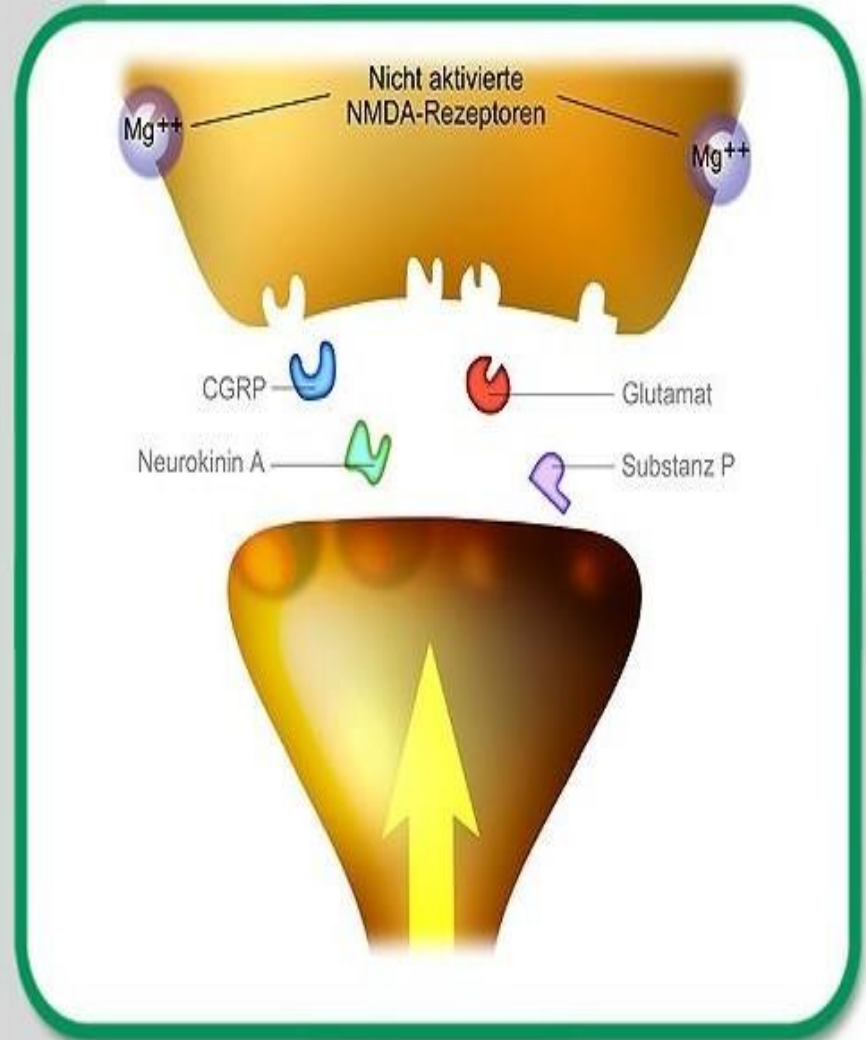
Zentrale Sensibilisierung

● Anhaltende Schmerzreize führen zur Übererregbarkeit von spinalen und supraspinalen Neuronen (zentrale Sensibilisierung), vor allem aufgrund einer Aktivierung von NMDA-Rezeptoren ("wind-up-Phänomen")

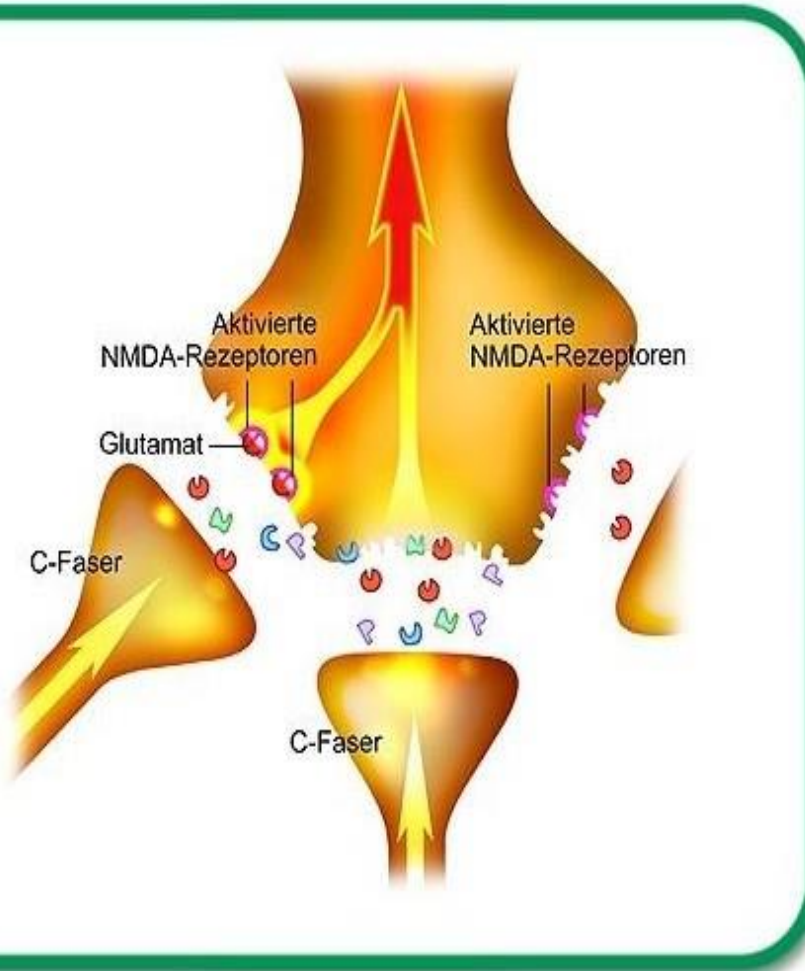
● Plastische Veränderungen führen zu einer Zunahme der Rezeptordichte

Chronifizierung

Prinzip der zentralen Sensibilisierung (1)



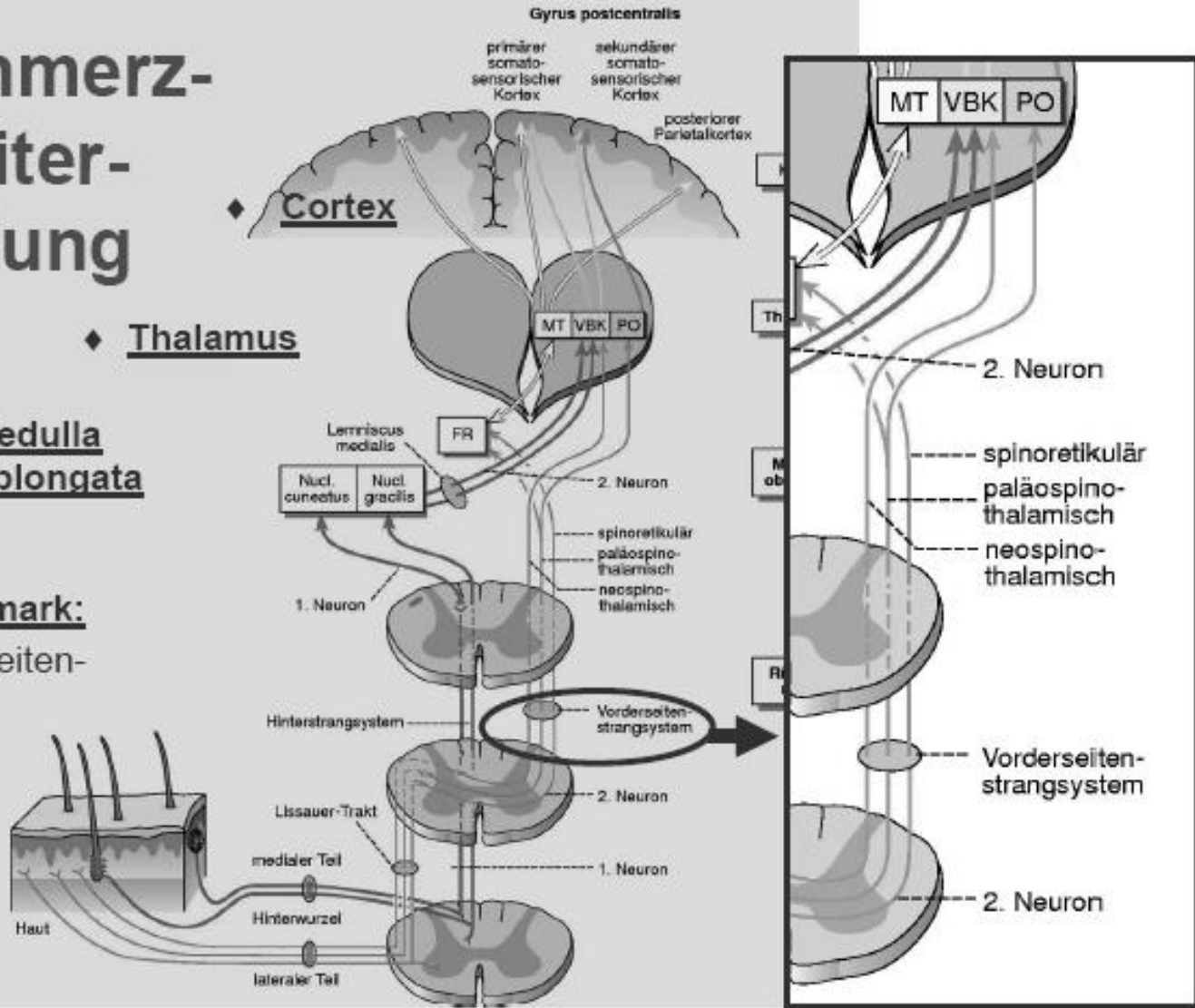
Chronifizierung Prinzip der zentralen Sensibilisierung (4)



- Diese Sensibilisierungsvorgänge führen zu einer Zunahme der Spontanaktivitäten sowie zu stärkeren Reizantworten der zentralen Neurone

3. Schmerzweiterleitung

- ◆ Cortex
- ◆ Thalamus
- ◆ Medulla oblongata
- ◆ Rückenmark:
Vorderseitenstrang



Physiologie des Schmerzes Schmerzverarbeitung im Gehirn



Formatio reticularis

- Einfluß auf das Bewußtsein (Leichte Schmerzen führen zu vermehrter Aufmerksamkeit, starke Schmerzen bewirken Bewußtlosigkeit)



Medulla oblongata

- Erregung des Atem- und Kreislaufzentrums



Thalamus

- Relaisstation: Verteilung der Signale auf verschiedene Hirnareale, einschließlich der Weiterleitung an die Großhirnrinde



Hypothalamus und Hypophyse

- Endokrine bzw. hormonelle Antwort (z. B. Ausschüttung von β -Endorphin)



Limbisches System

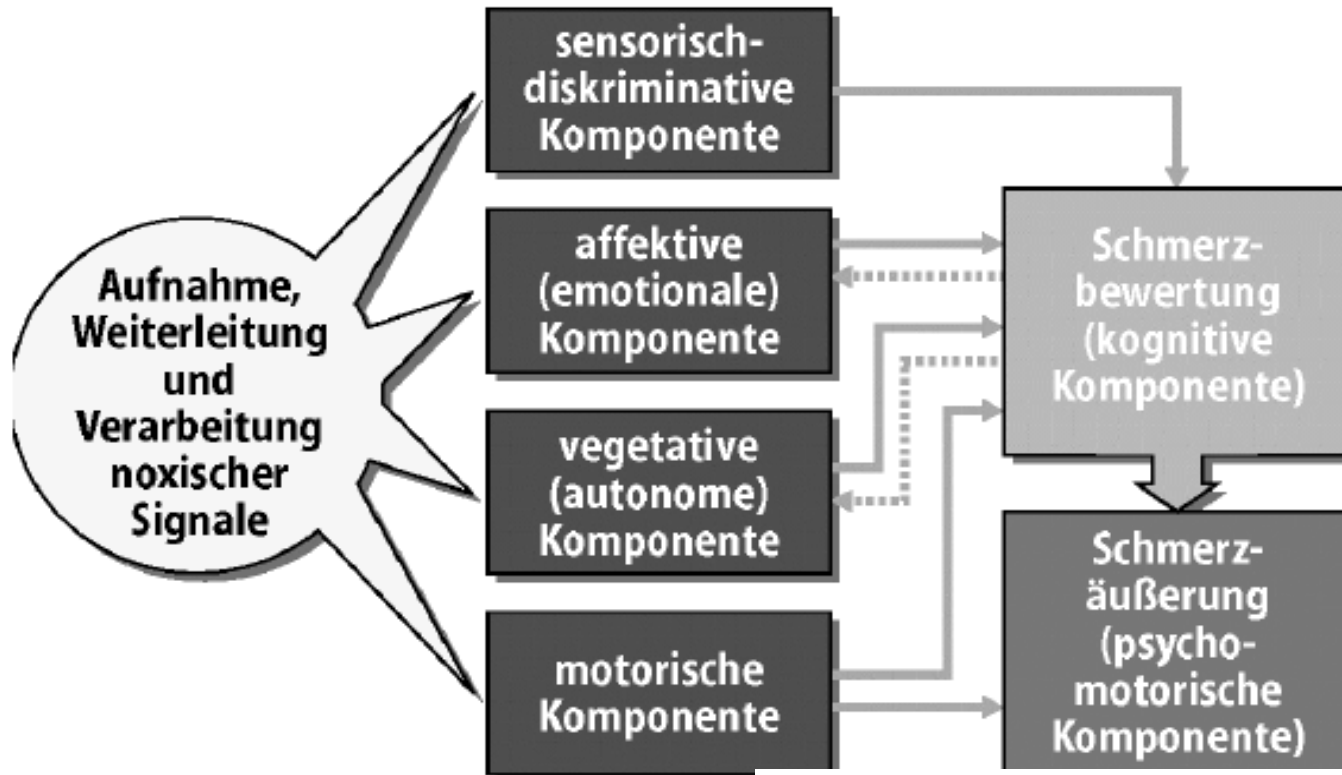
- Regulation der Schmerzschwelle sowie von emotionalen Reaktionen



Großhirnrinde

- Wahrnehmung als Schmerz.

1.1. Komponenten des Schmerzes



„Schmerzempfindung“

(im engeren Sinne)



- **Sensorisch-diskriminative Komponente:**

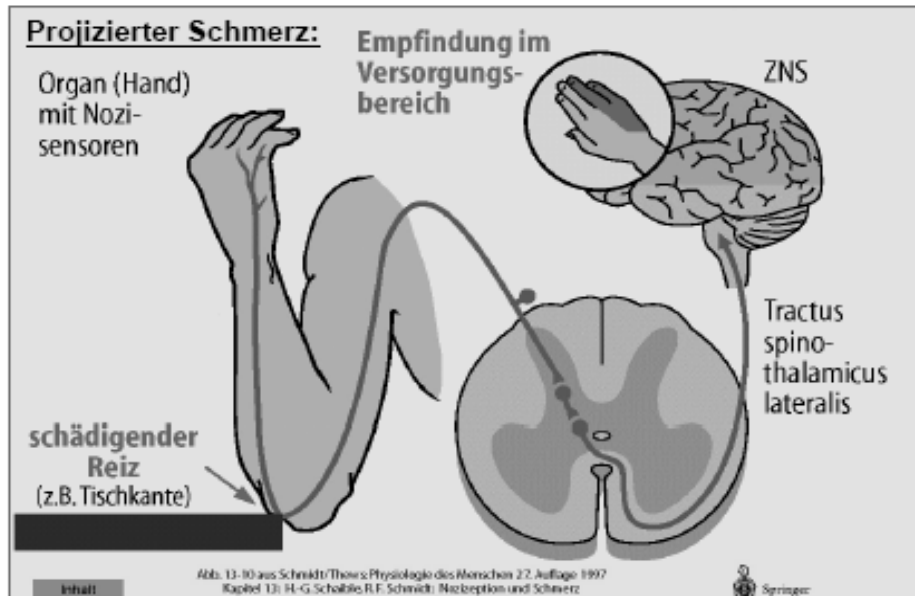
- klar lokalisierbar und umgrenzt
- heller, stechender Schmerz
- aktivierend, löst Flucht- oder Abwehrreaktion aus

„Schmerzgefühl“



- Geringe Diskrimination:
 - schlecht lokalisierbar, ausgedehnt
 - dumpfer, brennender Schmerz
- **Affektiv-emotionale Komponente:**
 - lähmend, unlustbetontes Gefühl
- **Vegetative Komponente:**
 - Übelkeit, Schweißausbruch

3.2. Schmerzleitung im Rückenmark: Schmerzprojektion



Neuralgie: fortgesetzte Nervenreizung
↓
chronische Schmerzen im Innervationsgebiet

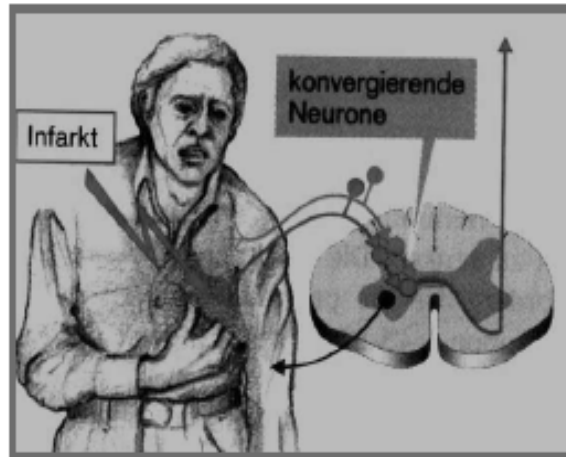
Hyperalgesie: ↑ Empfindlichkeit für noxische Reize

Hyperästhesie: ↑ Empfindlichkeit für mechanische und thermische Reize

Allodynie: Schmerzen durch nichtnoxische Reizung

3.2. Schmerzleitung im Rückenmark Segmentale Verschaltungen

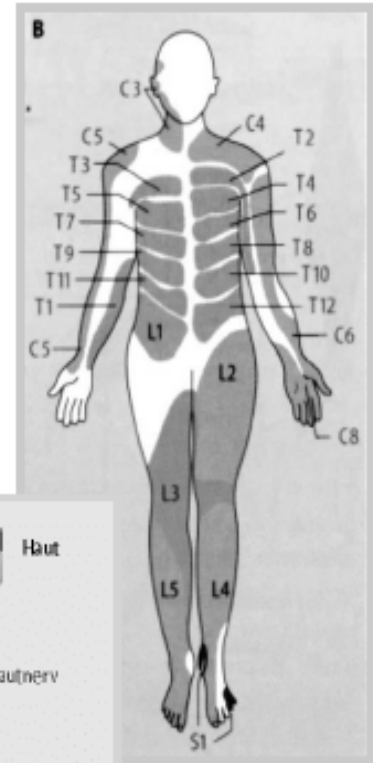
segmentale Verschaltungen



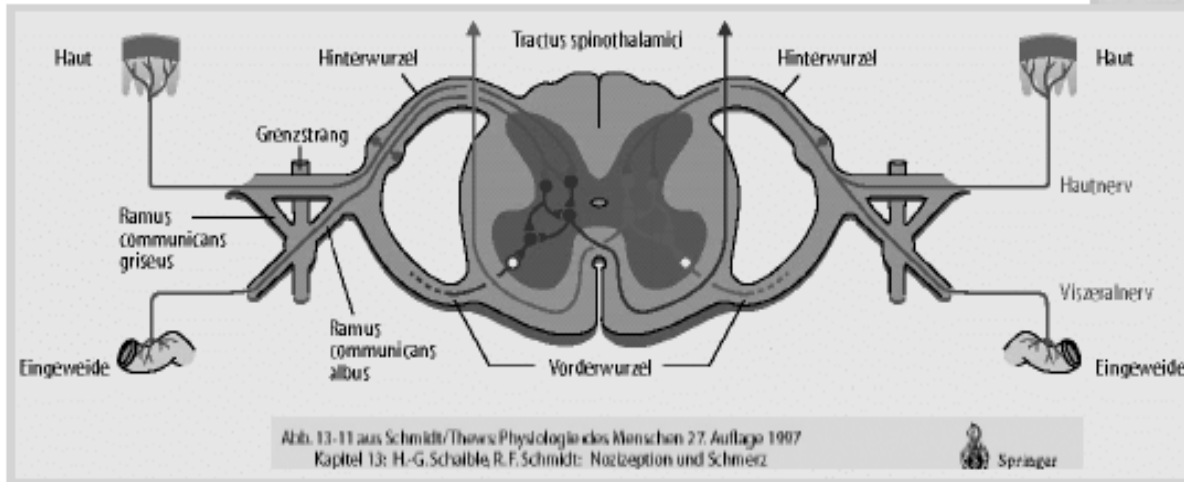
Afferenzen aus inneren Organen und von der Haut konvergieren auf gleiche Neuronen im RM



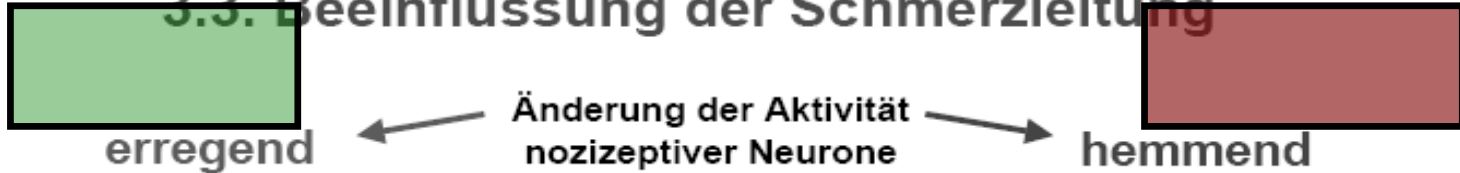
Organschädigung führt zu Schmerzempfindung im zugehörigen Hautareal



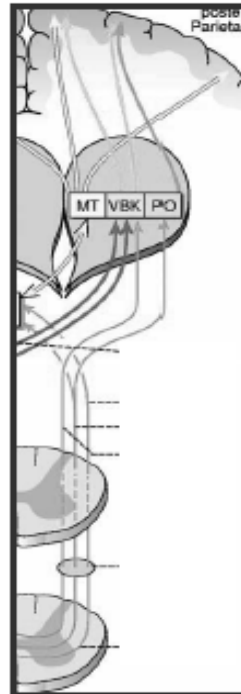
Dermatome



3.3. Beeinflussung der Schmerzleitung



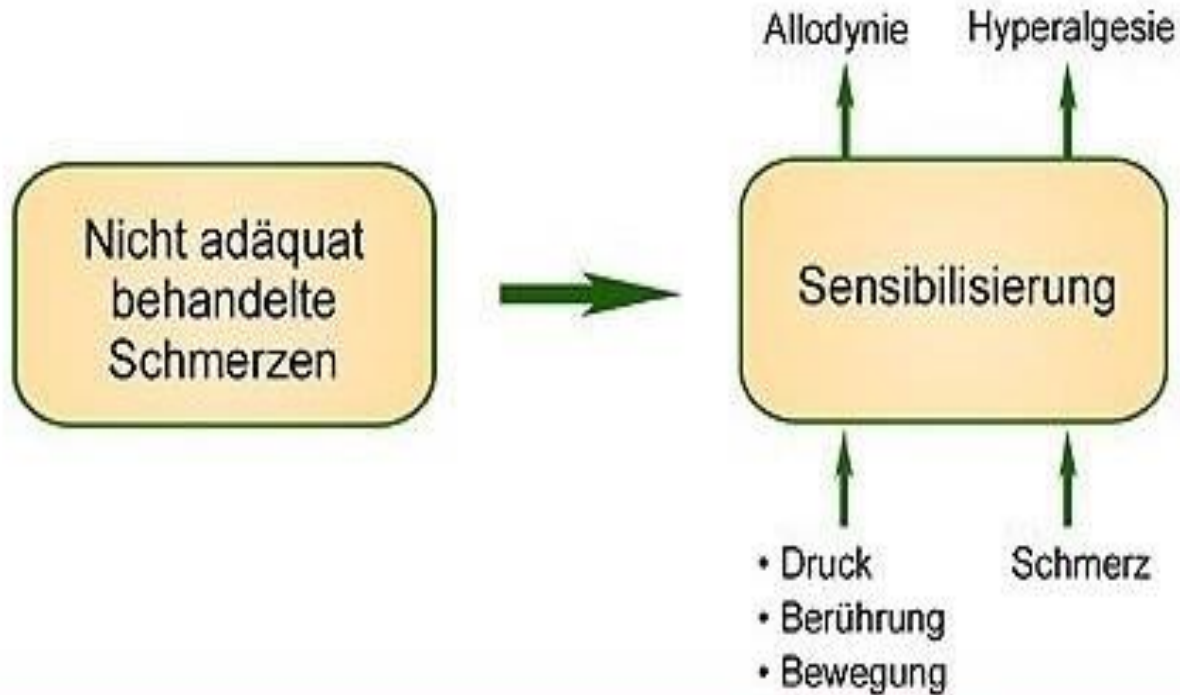
- **Glutamat, Aspartat**
= erregende Transmitter
und deren Rezeptoren
z.B. NMDA-Rezeptoren
→ afferente Fasern
→ RM-, supraspinale Neurone
- **Neuropeptide**
z.B. - Substanz P
- Neurokinin A
→ afferente Neurone
→ zentrale Neurone



- **GABA, Glycin**
= hemmende Transmitter
→ RM
- **Monoamine**
z.B. - Serotonin
- Noradrenalin
- Dopamin
→ Hirnstamm
- **Neuropeptide (Opioide)**
z.B. - Endorphine
- Enkephaline
→ afferente Neurone
→ zentrale Neurone

Prävention der Sensibilisierung

Prinzip der Prävention der Sensibilisierung (1)



Prävention der Sensibilisierung

Prinzip der Prävention der Sensibilisierung (2)



SCHMERZBAHN		PRÄVENTIVE MAßNAHME	AUSWIRKUNG
Schmerzverarbeitung Schmerzwahrnehmung		Z.B.: Psychologische Maßnahmen	Zentrale Sensibilisierung ↓
Schmerzverarbeitung		Z.B.: Opioide NMDA-Antagonist	Zentrale Sensibilisierung ↓
Schmerzleitung		Z.B.: Lokalanästhetika	Signalstrom ↓ Abnorme Erregbarkeit ↓
Schmerzentstehung		Z.B.: NSAIDs/Opioide Nicht-Opioideanalgetika	Periphere Sensibilisierung ↓

4.2. Schmerzbekämpfung von außen

Psychologische Methoden, z.B.:

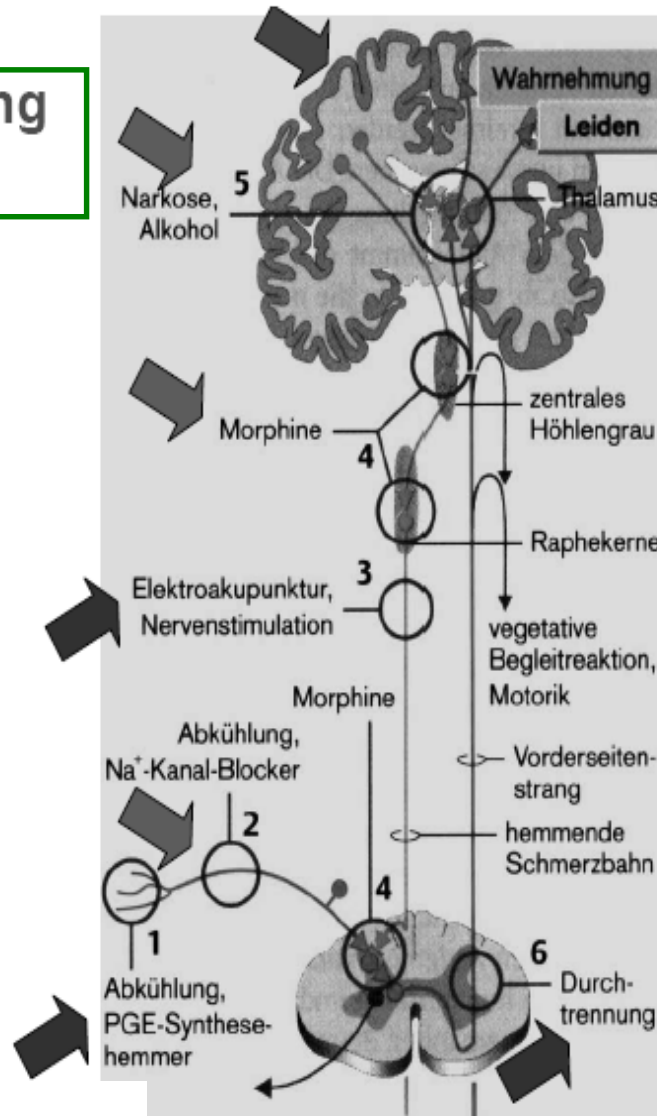
- Entspannung, Meditation, Hypnose
- Biofeedback

Pharmakologische Methoden, z.B.:

- Analgetika
- Lokalanästhetika
- Psychopharmaka
- Narkose

Physikalische Methoden, z.B.:

- Neurochirurgie
- Wärme, Kälte
- Massage, Physiotherapie
- Elektrische Reizung, Akupunktur



Dept. f. Psychosomatik Enns: Therapieplan

Therapieangebote	h/ Wo	Orient.phase (1-2 Wo)	Vertiefungsphase (4-6 Wochen)					
			W1	W2	W3	W4	W5	W6
Basis-Gr. (Morgenrunde)	2.5	[Green bar]						
Schmerzbewältigungs-Gr.	3.0	[Red bar]						
Entspannungs-Gruppe	2.0	[Green bar]						
Fertigkeiten-Gruppe	3.0	[Red box]	[Red bar]					
Sport-/Bewegungsth.-Gr.	2.0	[Green box]	[Green bar]					
Bezugstherapeut Einzel	1.5	[Red box]	[Red box]	[Red box] [Red box]	[Red box] [Red box]	[Red box] [Red box]	[Red box] [Red box]	[Red box] [Red box]
Bezugspflege Einzel	2.0	[Green box]	[Green box]	[Green box] [Green box]	[Green box] [Green box]	[Green box] [Green box]	[Green box] [Green box]	[Green box] [Green box]
Med. Sprechstunde/Visite	0.5	[Yellow box]	[Yellow box]	[Yellow box]	[Yellow box]	[Yellow box]	[Yellow box]	[Yellow box]
Therapievertiefung-Gr.*	3.0	[Blue box]	[Blue box]	[Blue bar]				
Therapievertiefung-Einzel	2.0	[Blue box]	[Blue box]	[Blue box] [Blue box]	[Blue box] [Blue box]	[Blue box] [Blue box]	[Blue box] [Blue box]	[Blue box] [Blue box]
Therapieeinheiten/Wo		13.0-21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5

Psychosomatik Stat. 2 – Wochenplan

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag				
07.30-08.00	Morgenrunde	Morgenrunde	Morgenrunde	Morgenrunde	Morgenrunde				
08.00-08.30	Team	Team	Team	Team	Team				
08.30-09.00		Schmerz-			Musik-				
09.00-09.30		prot.Gr.			Erleben				
09.30-10.00					2				
10.00-10.30					(Orient.)				
	Sporth.			Sporth.					
	Körperw.			Körperw.					
	Team- Fortbildung	Somati- sierungs- Gruppe	Kreativ- Gr. 1	Kreativ- Gr. (Orient.)	Interdisz. Team-Besprech. 2	Somati- sierungs- Gruppe	Kreativ- Gr. 1		
				Sozial- Info-Gr.					
	Schmerz- Bewältig. Gruppe	Kreativ- Gr. 2	Interdisz. Team-Besprech. 1	Musik- Ther. 2 (Vertief.)	Körper- Wahr- nehmung (Vertief.)	Schmerz- Bewältig. Gruppe	Kreativ- Gr. 2	Musik- Ther. 2 (Vertief.)	Körper- Wahr- nehmung (Vertief.)
	Musik- Ther. 1 (Vertief.)	Fertigk. Train. 1	Fertigk. Train. 2	Körper- Wahr- nehmung (Vertief.)	Musik- Ther. 1 (Vertief.)	Fertigk. Train. 1	Fertigk. Train. 2	Körper- Wahr- nehmung (Vertief.)	
									Stations-Gruppe
			Entsp. Gr. 1	Entsp. Gr. 2		Entsp. Gr. 1	Entsp. Gr. 2		

Lieben DANK für Ihre Aufmerksamkeit



Schmerztherapie

1. Kausale Schmerztherapie



2. Symptomatische Schmerztherapie



Schmerztherapie

1. Kausale Schmerztherapie

- Operation
- Chemotherapie
- Strahlentherapie



Schmerztherapie

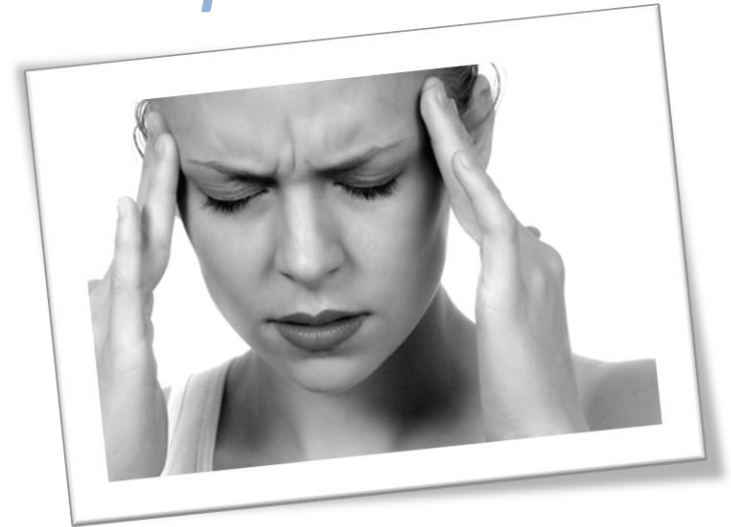
2. Symptomatische Schmerztherapie

Medikamentös:

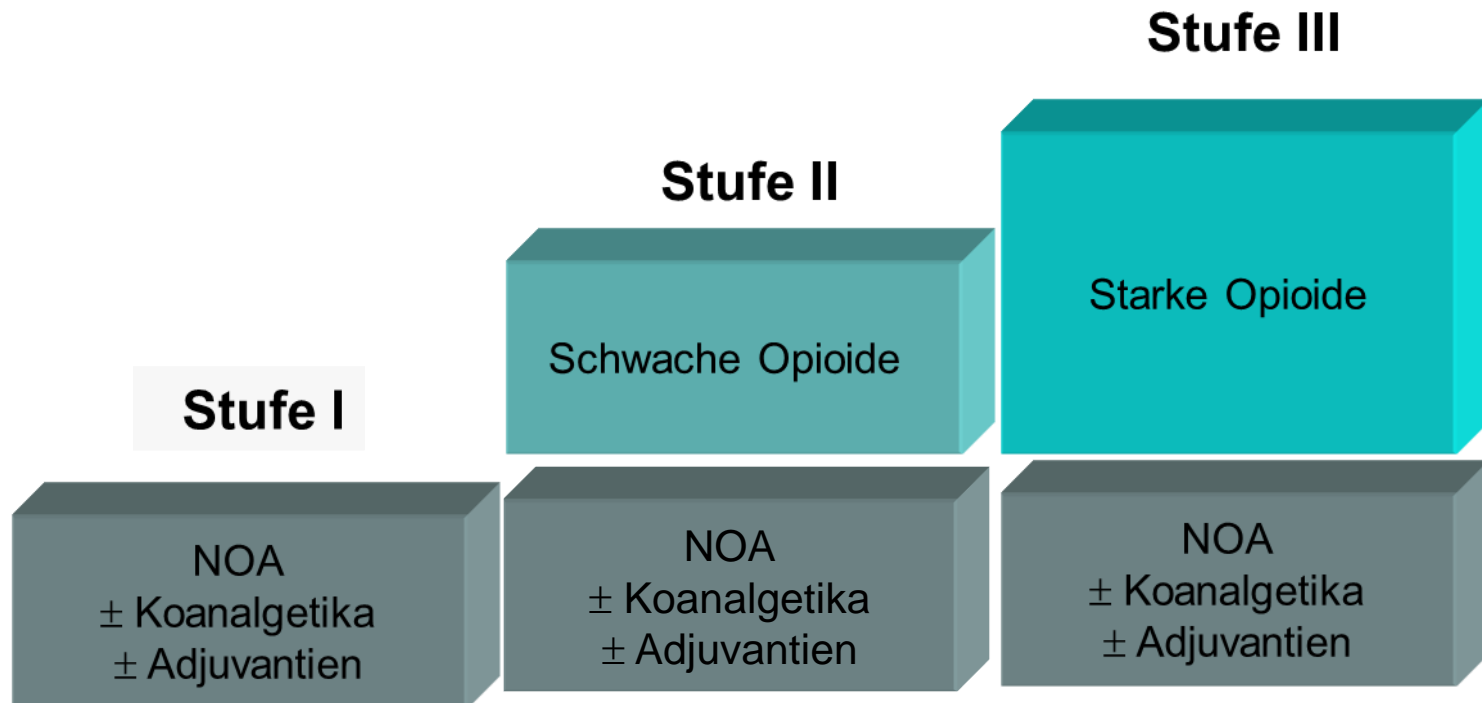
- oral
- transdermal
- i.m /
- subcutan
- intrathekal
- Epidural
- i.v
- Rectal

▪Nichtmedikamentös:

Psychotherapie /
Physiotherapie /
Lymphdrainage



WHO-Stufenschema



Analgetika

Stufe I

Paracetamol
Ibuprofen
Aspirin
Diclofenac
Metamizol

Stufe II

Tramal
Tilidin
Dihydrocodein retard

Stufe III

Morphin
Morphin retard
Hydromorphon (Palladon)
Oxycodon (Oxicontin, Oxynorm)
Oxycodon/Naloxone ret. (Targin)
Buprenorphin (Temgesic, Transtec)
Fentanyl (Durogesic, Actiq)

Koanalgetika

Antidepressiva

Amitryptilin
Doxepin
Clomipramin
Imipramin

Antikonvulsiva

Carbamazepin
Phenytoin
Clonazepam
Gabapentin

Glukokortikosteroide

Dexameth

Trizyklische Antidepressiva

- Bevorzugte Substanzen bei neuropathischem Schmerz (Allodynie, Brennen)
 - Polyneuropathie
 - Postzosterneuralgie
 - Konanalgetika bei komplexen Schmerzen mit neuropathischer Komponente
 - Spannungskopfschmerz
- Wirkbeginn nach 2 Wochen, Maximum nach 6 Wochen
- Wegen starker sedierender und anticholinerger NW einschleichende Dosierung
- Beispiel: Amitryptilin 10 mg noctu, alle 5 d *steigern um 10 mg bis 50-75 mg/d*

Trizyklische Antidepressiva

- Vorwiegend neuropathische Schmerzen mit Brennschmerzkomponente
- Spannungskopfschmerz, posttraumatischer Kopfschmerz
- Atypischer Gesichtsschmerz, Fibromyalgie

Trizyklische Antidepressiva

- Eigener analgetischer Effekt bei niedriger Dosierung (10-50% der „antidepressiven Dosierung“), vor der antidepressiven Wirkung einsetzend
- Hemmung der Rückresorption von Noradrenalin und/oder 5-Hydroxytryptamin der zentralen noradrenergen und serotoninergen schmerzhemmenden Systeme

Trizyklische Antidepressiva

–Nebenwirkungen

- Müdigkeit, Schwindel, Verwirrtheit, Ataxie, Übelkeit, sehstörungen
- Leukopenie, Leberfunktionsstörungen, Exanthem
- Kopfschmerz



Antikonvulsiva

- Erhöhung der Depolarisationsschwelle
- Blockade des spannungsabhängigen Natriumkanals
- Additiver Synergismus zu verschiedenen Analgetika

Antikonvulsiva

- Hemmung der glutaminergen Transmission (Abbau Glutamat \uparrow , verminderte NMDA-Rezeptoraktivierung)
- Verstärkung inhibitorische GABAergen Transmission (gesteigerte GABA-Synthese und Freisetzung)
- Bindung an spannungsabhängige Ca-Kanäle

Antikonvulsiva

- Indikationen wie bei Antidepressiva
- Einsatz bei „elektrisierend-einschiessenden“ Schmerzen
- Einschleichende Therapie wegen dosisabhängigen zentralvenösen Nebenwirkungen
- Keine Begrenzung der Tagesdosis wie bei antiepileptischer Therapie, sondern Orientierung an analgetischem Effekt
- Beispiel: Carbamazepin 100 mg p.o. 0-0-1
1-0-1
1-1-1
1-1-2 etc. bis **3-3-3**

Adjuvanzien

Laxantien

Antiemetika

Antihistaminika

Anticholinergika

Magenschutz

Nicht-Opioidanalgetika

- Analgetisch
- [Antipyretisch]
- [Antiphlogistisch]

Neue Einteilung:

- antipyretisch-antiphlogistische Analgetika
 - **Acetylsalicylsäure, Ibuprofen, Diclofenac**
- antipyretische Analgetika
 - **Paracetamol, Metamizol**
- Analgetika ohne antiphlogistische und antipyretische Eigenschaften
 - **Flupirtin, Nefopam**

2.2.1. Schmerzstoffe

Def.: Chemische Stoffe, die bei Gewebeschädigung oder Entzündung freigesetzt werden und Nozizeptoren erregen oder sensibilisieren

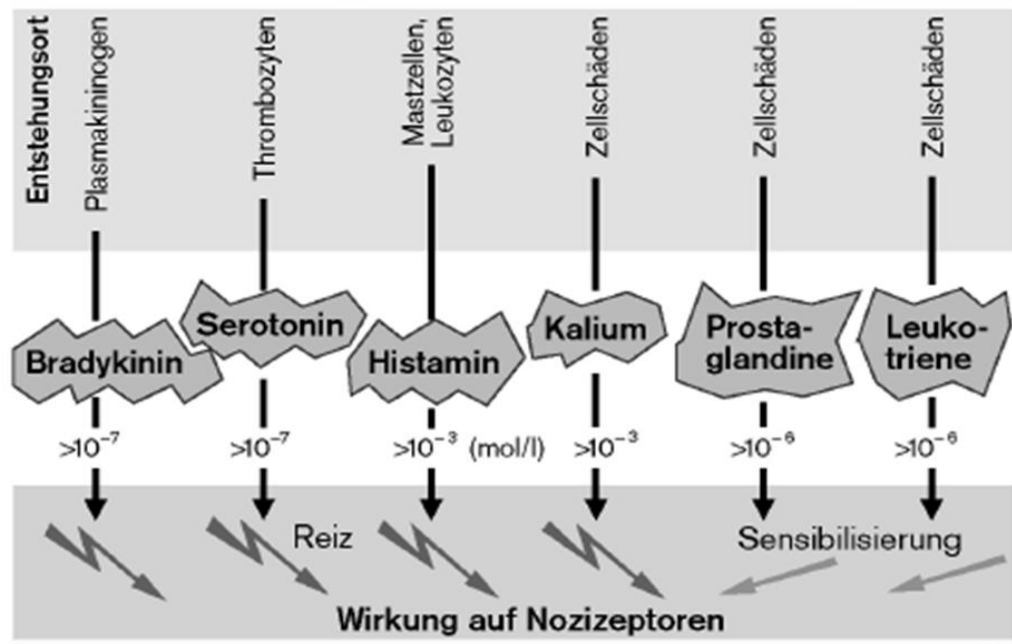
z.B.:

- Prostaglandine
- Histamin

Freisetzung z.B. bei:

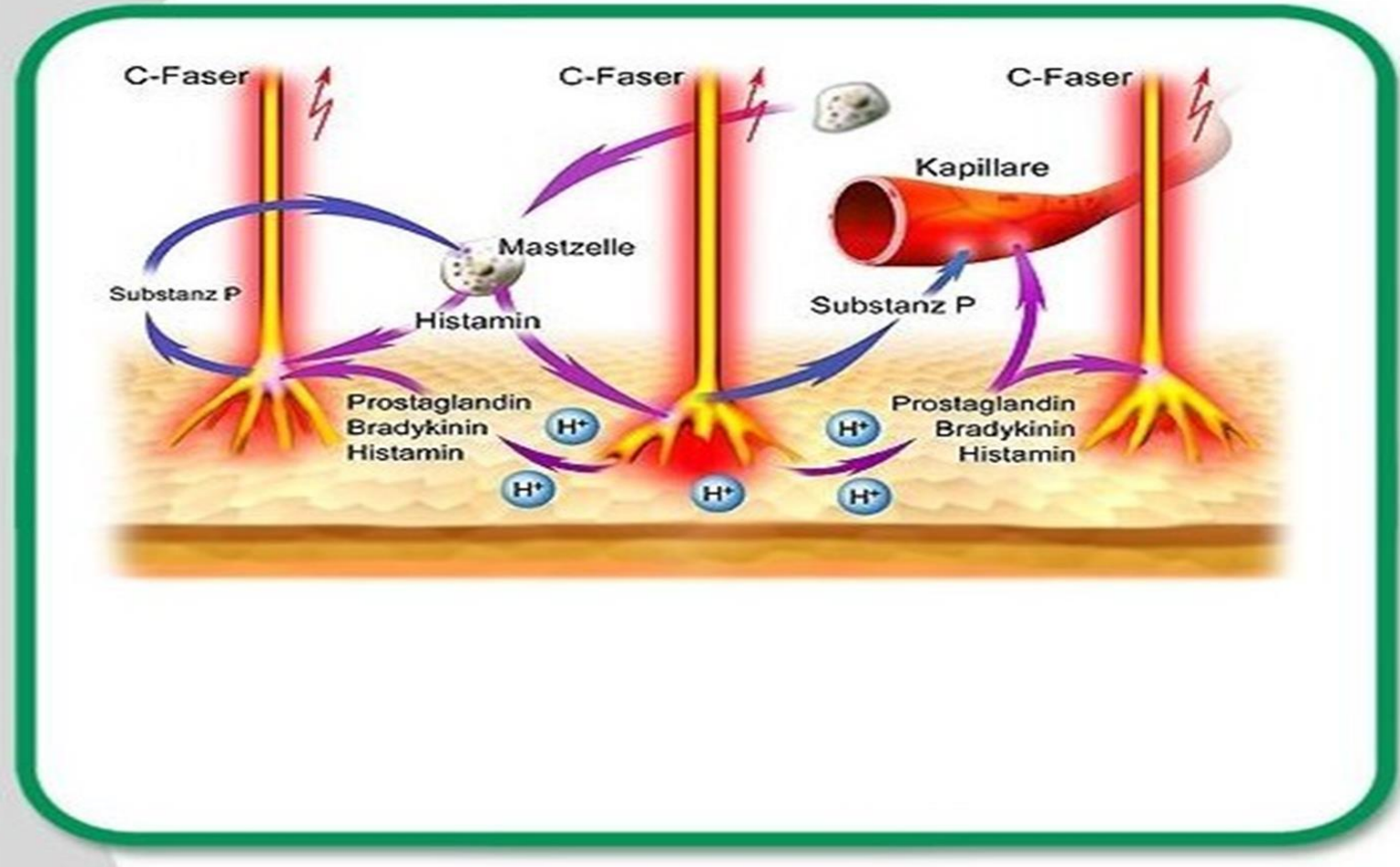
- Verletzung
- Entzündung
- Blutgerinnsel
- nervaler Überaktivität
 - Muskelkontraktion
 - Sympathikusaktivierung
- Ischämie

— Abb. 21.18 Die wichtigsten Schmerzstoffe des Menschen —



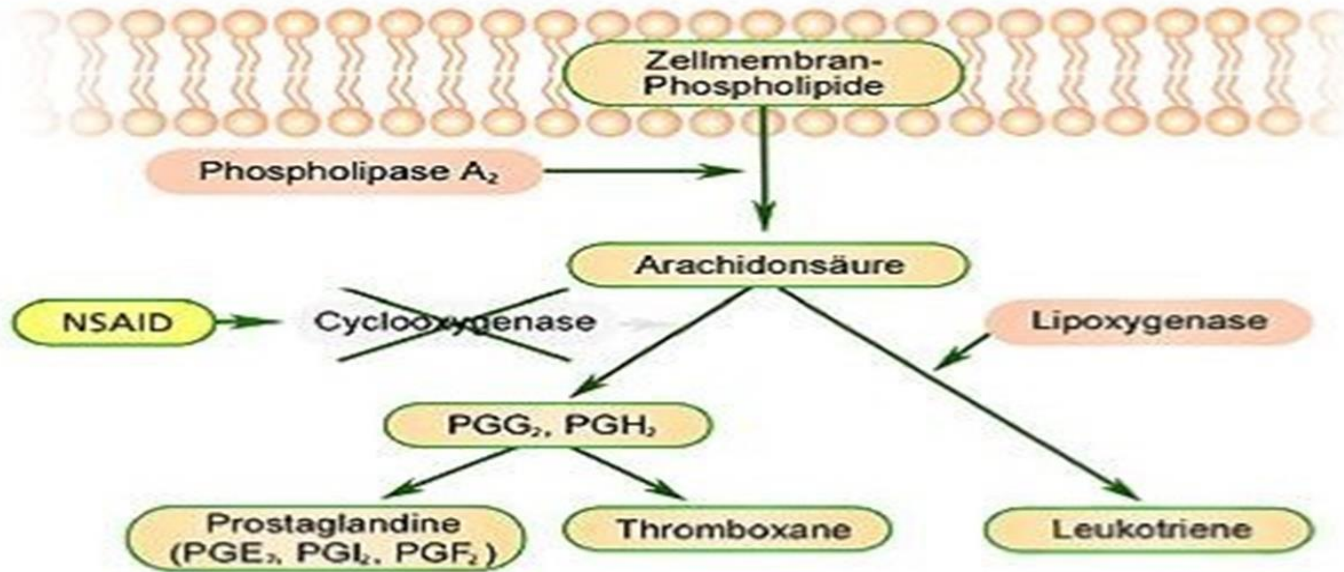
aus: Klinke/Silbernag: Lehrbuch der Physiologie, 2. Aufl. 1997
© Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Chronifizierung Prinzip der peripheren Sensibilisierung (5)



Nicht-Opioid-Analgetika

Wirkmechanismus der NSAIDs (4)



Nicht-Opioid-Analgetika

Pathophysiologie der NSAID-Nebenwirkungen am Magen (2)

Auswirkungen einer Prostaglandinsynthese- Hemmung am Magen

- HCl-Sekretion steigt
- Mukus-Sekretion nimmt ab
- Bikarbonat-Sekretion nimmt ab
- Mukosa-Durchblutung nimmt ab



Nicht-Opioid-Analgetika

Pathophysiologie der NSAID-Nebenwirkungen an der

