

Schmerz: Pathophysiologie & Grundprinzipien



OÄ Dr. Waltraud Stromer
Präsidentin der ÖSG
stellvertretende Vorsitzende der Sektion Schmerz der ÖGARI

ANÄSTHESIE FORUM



ALPBACH

REPETITORIUM

Was ist Schmerz?



Definition:

„...eine unangenehme sensorische oder emotionale Erfahrung, die mit einem tatsächlichen oder möglichen Gewebeschaden assoziiert ist...“

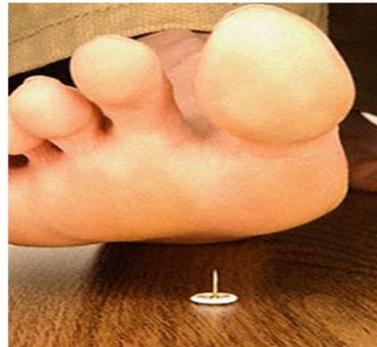
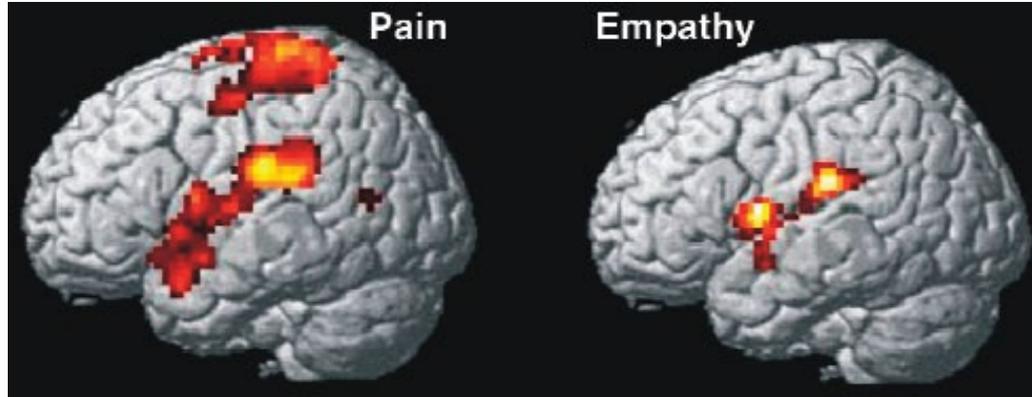
IASP - Task force on Taxonomy, 1979



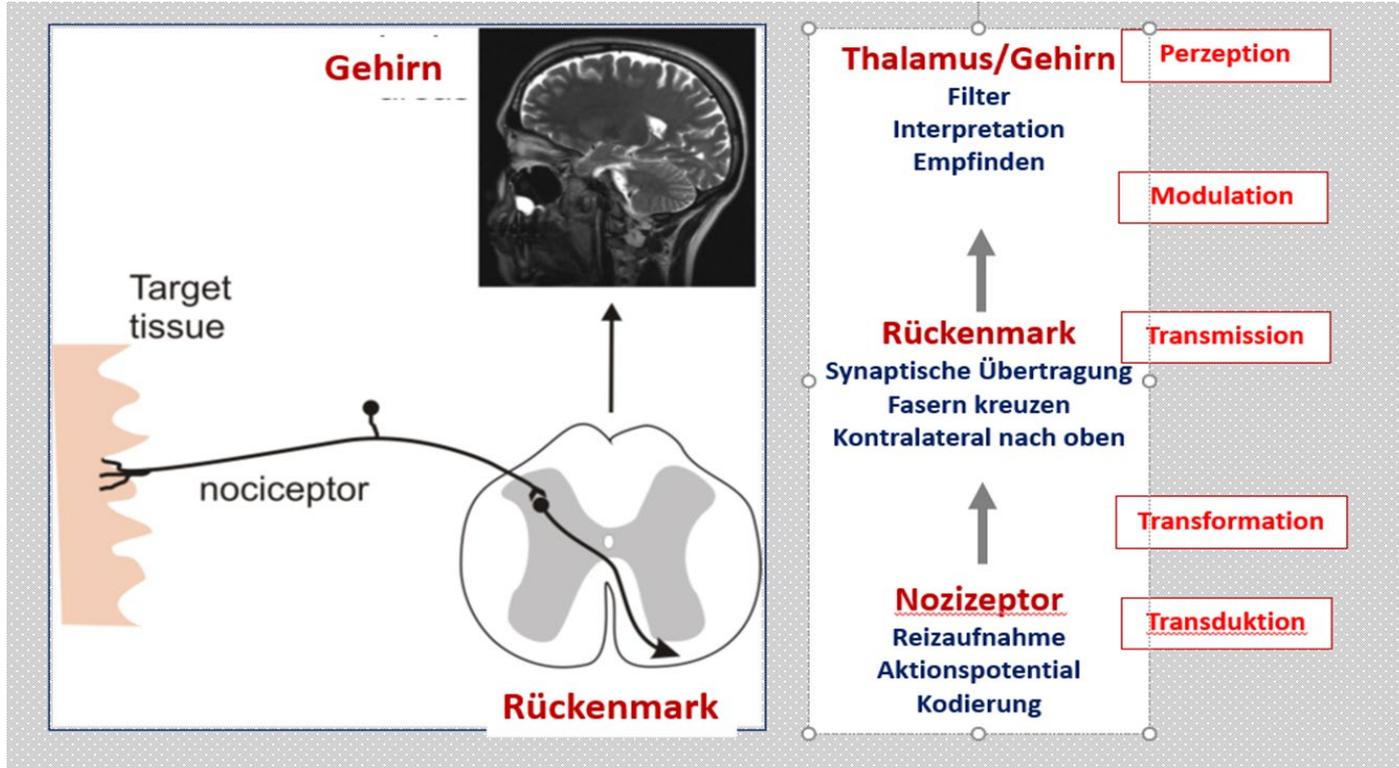
Wo entsteht Schmerz?



Wie kommt der Schmerz in das Gehirn?



Wie kommt der Schmerz in das Gehirn?



Schmerzfasern



A-delta-Fasern

- dünnmyelinisiert, „**Schneller Schmerz**“ (5-30m/s)
- Mechanische Reize (**Druck**), thermische Reize (**Kälte**)

C-Fasern

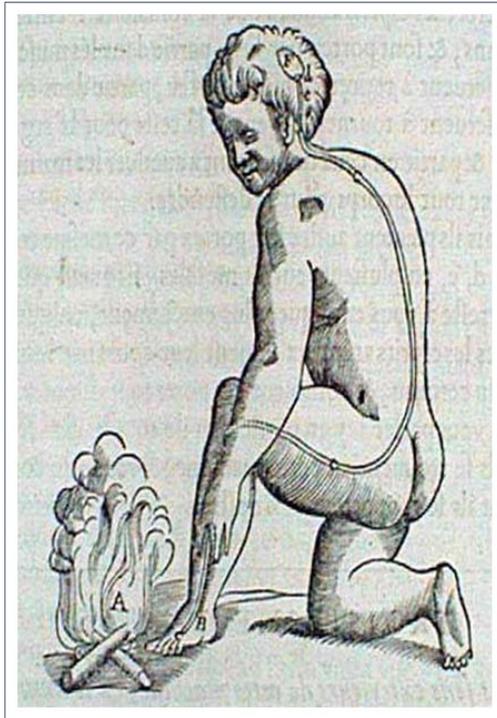
- Unmyelinisiert, „**Verzögerter, brennender Schmerz**“ (0,5-2m/s)
- Mechanische, thermische (**Hitze**), chemische Reize

A-beta-Fasern

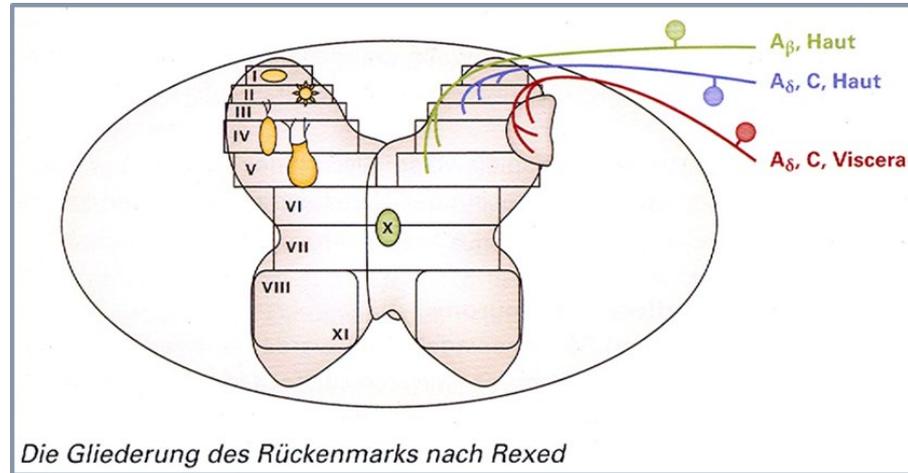
- dickmyelinisiert, 40-90m/s, **Allodynie**
- Tiefensensibilität, mechanische Reize (**Vibration**)



Spinale Transmission



From: René Descartes. *L'homme de Rene Descartes*.

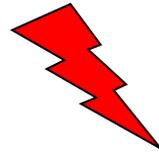


Die Gliederung des Rückenmarks nach Rexed

Schmerz und Sympathikus



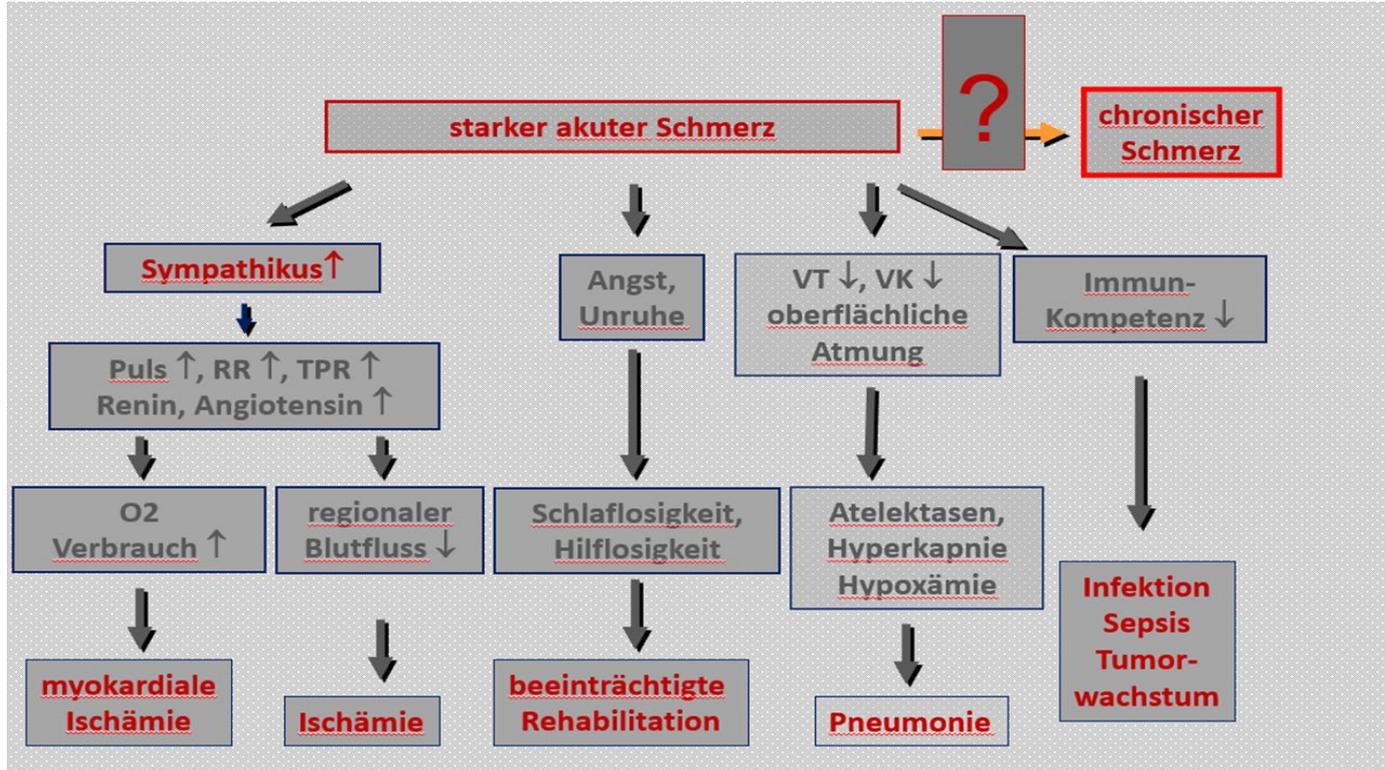
Schmerz bedeutet Gefahr !!!
Aktivierung des Sympathikus
(RM, Hypothalamus, Hirnstamm)



⇒ **Konfrontation / Flucht (fight & flight)**

- Analgesie durch Hemmung der nozizeptiven Impulsübertragung i.B. des RM (nicht opioidvermittelt!)
- Anstieg von RR und Puls
- Durchblutung der Extremitäten ↑
- Ruhigstellung der Viszera

Schmerzbedingte Funktionsstörung



Was ist pathologischer Schmerz?



The image is a collage on a grey dotted background. On the left, three black and white photographs show hands, feet, and a mouth, representing normal physical sensations. In the center, three color photographs show a smiling woman, a woman holding a blue pillow, and a baby, representing normal emotional and physical experiences. On the right, a painting of a woman with a large surgical incision on her chest, representing pathological pain. A red wedge at the bottom points from left to right, indicating the progression from normal to pathological. Below the wedge are three labels: 'no', 'normal', and 'pathological'.

no

normal

pathological

Schmerz und der Faktor „Zeit“



Tage / Wochen

Akuter Schmerz

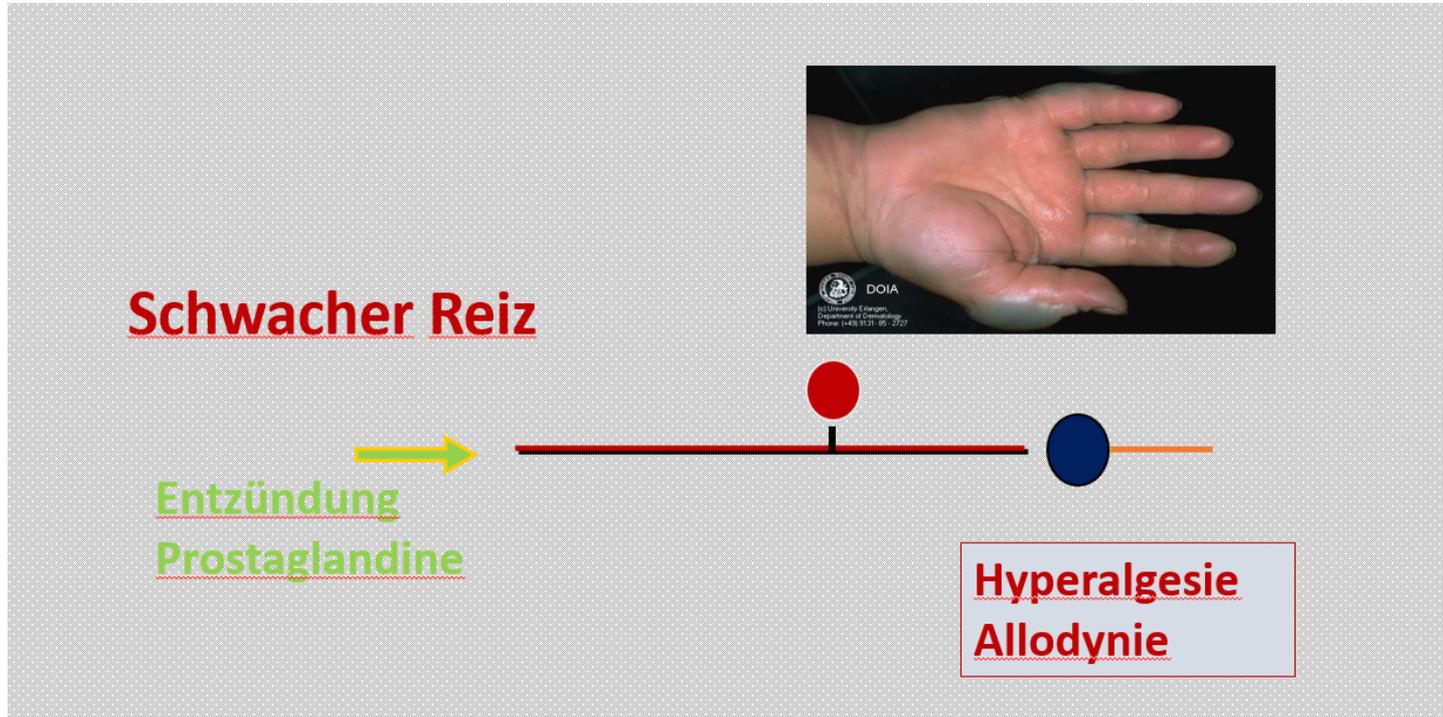
Bis zu 6 Monaten

Chronifizierung

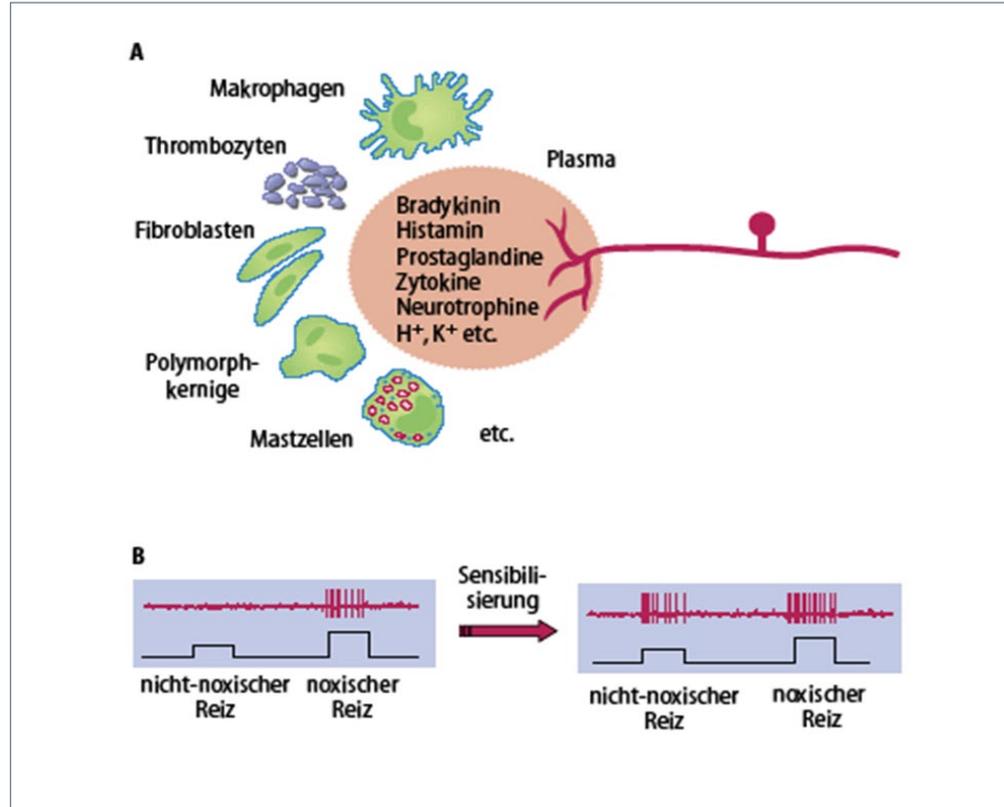
ab 6 Monate

Chronischer Schmerz

Nozizeptoren werden empfindlicher



Periphere Sensibilisierung

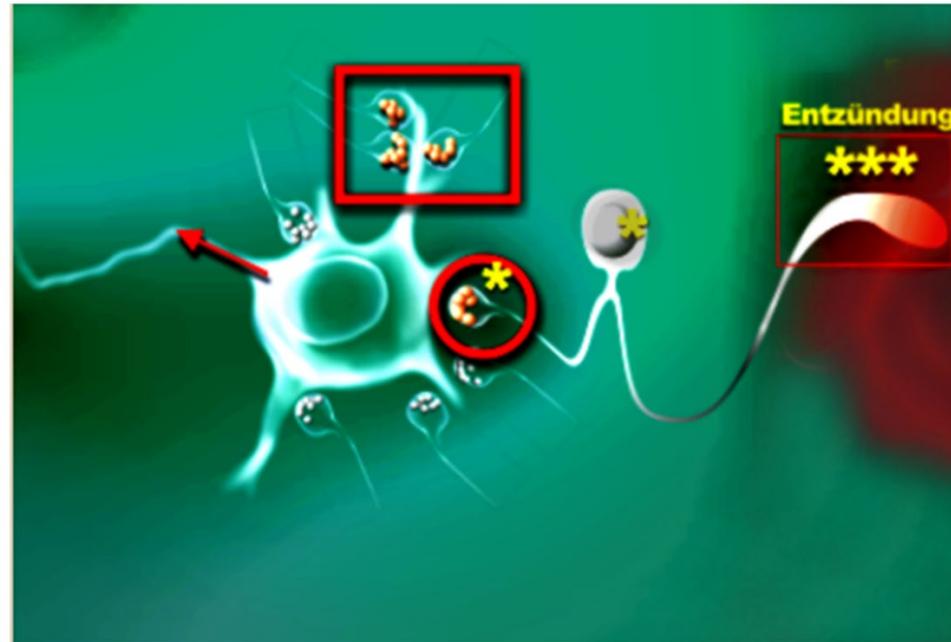


Folgen von Verletzungen peripherer Neurone



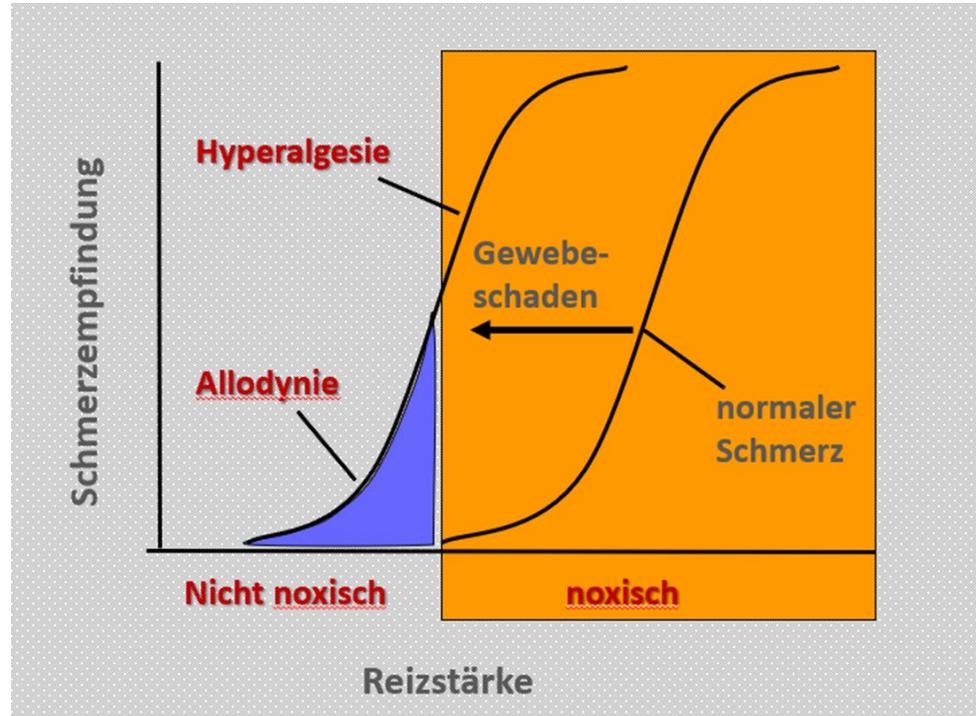
- **Morphologische Veränderungen**
 - Atrophie, Degeneration, Sprossung
- **Biochemische Veränderungen**
 - Syntheseveränderung von Transmittern und ihrer Rezeptoren
- **Physiologische Veränderungen**
 - Ektope spontane und evozierte Impulsentstehung, sympathisch afferente Koppelungen

Neurogene Entzündung



Ziegelgänsberger, Baron et al., Pfizer 2003

Pathologischer Schmerz



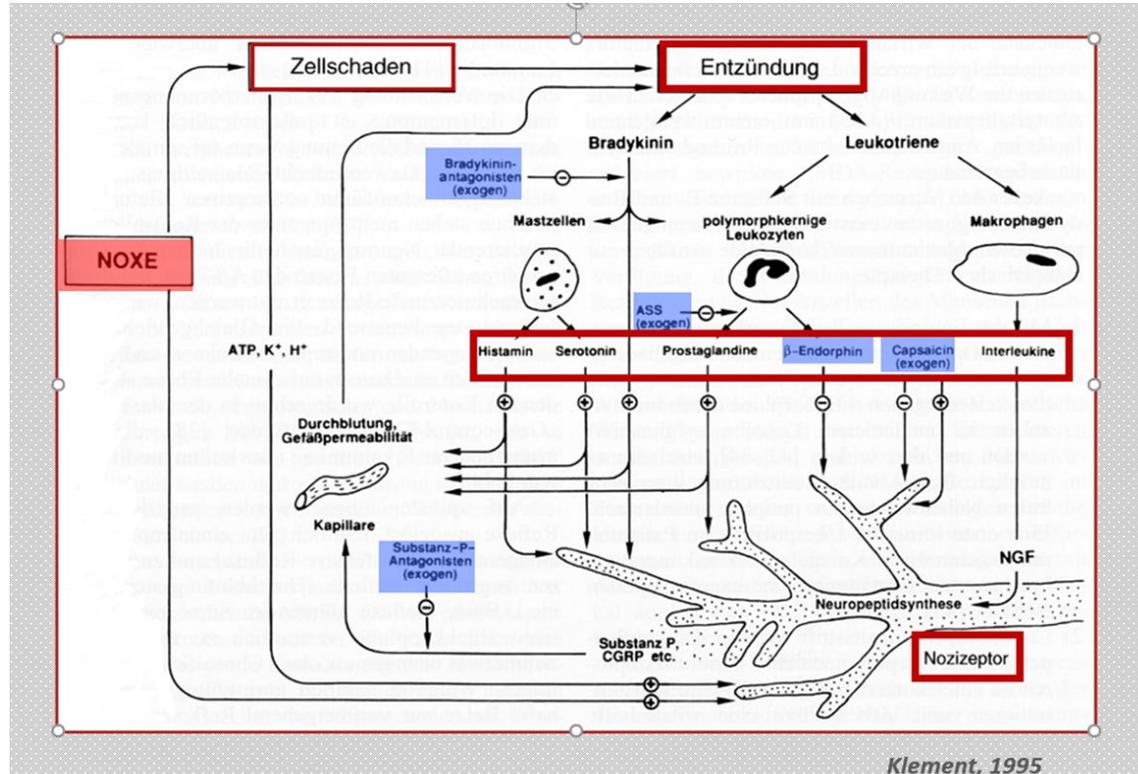
Periphere Sensibilisierung



Primäre Hyperalgesie

= Erhöhte Schmerzempfindlichkeit auf noxische und nicht-noxische
Reize **im verletzten Areal**

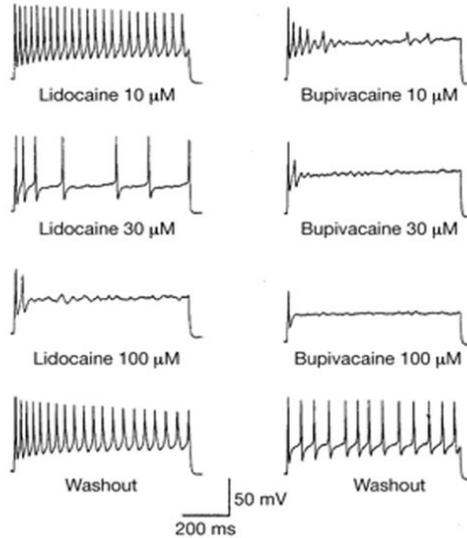
Unterbrechung der Schmerzkette



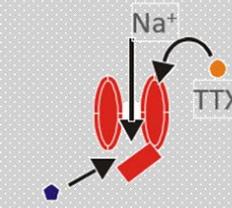
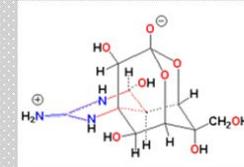
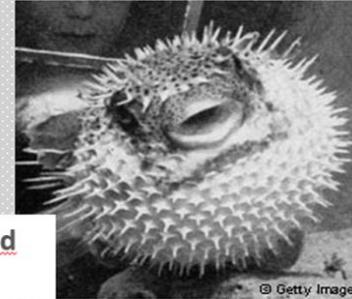
Spannungsabhängige Natriumkanäle



Wirkmechanismus der „örtlichen Betäubung“



„When the food strikes back“



Lokalanästhetika
z.B. Lidocain u.ä.

Inzidenz starker postoperativer Schmerzen



Tab. 1 Inzidenz von starken akuten postoperativen Schmerzen und CPSP sowie der Anteil neuropathischer Schmerzen bei CPSP

	Starker postoperativer Akutschmerz ^a (%)	CPSP (%)	Neuropathische Schmerzen bei CPSP (%)
Amputation der unteren Extremität	23	50–80	80
Mammaablation	12	47	65
Thorakotomie	23	25–60	45
Sternotomie	25	7–17	–
Lungentransplantation	–	18	–
Knieprothese	28	13	6
Inguinalhernie	12	10	80
Mammaaugmentation	30	10	38
Sectio caesarea	33	5–10	50
Kraniotomie	11	7–30	25
Melanomresektion	–	9	–

^aAnteil der Patienten mit einer Schmerzintensität auf der numerischen Rating-Skala (NRS) ≥ 8 innerhalb der ersten 24 h nach der Operation (Analyse der deutschen QUIPS-Datenbank mit 120 teilnehmenden deutschen Krankenhäusern). CPSP Chronischer postoperativer Schmerz („chronic postsurgical pain“); QUIPS Qualitätsverbesserung in der postoperativen Schmerztherapie [5].

Gerbershagen HJ. Chronifizierung postoperativer Schmerz. Schmerz 2013 · 27:81–95

Gerbershagen HJ, Aduckathil S, Wijk AJM van et al (2013) Pain intensity on the first day after surgery: a prospective cohort study comparing 179 surgical procedures. Anesthesiology (im Druck)

Postoperativer Schmerz



POSTOPERATIVE SCHMERZEN WERDEN HÄUFIG UNTERSCHÄTZT

Schmerzintensität 1. Post-Op-Tag:

20 – 40% der operierten Patienten haben starke Schmerzen¹

¼ der Patienten geben postoperativ starke Schmerzen von NRS ≥ 7 an.²

Individuelle Risikofaktoren für postoperative Schmerzen:²

Postoperative Schmerzen korrelieren unabhängig von OP z.B.

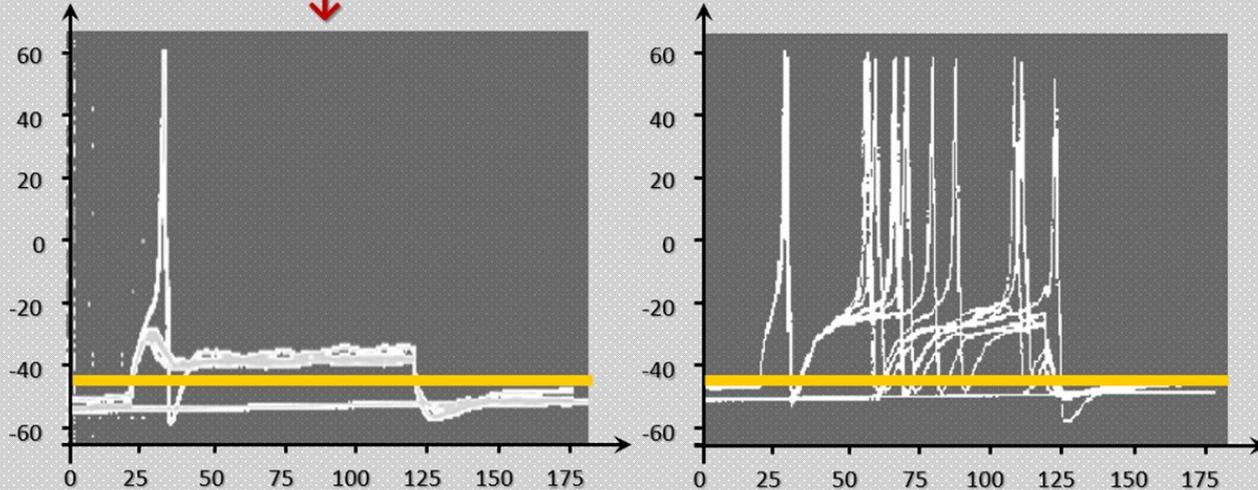
- Negativ mit dem Alter
- Positiv mit dem weiblichen Geschlecht
- Positiv mit dem Vorhandensein präoperativer Schmerzen

NRS-11 = Numerische Rating Skala, 0 = keine Schmerzen, 10 = stärkste vorstellbare Schmerzen
1. Gerbershagen HJ et al. Anesthesiology 2013 ; 118(4): 934-944.
2. Gerbershagen HJ et al. Anesthesiology 2014; 120(5):1237-1245

Periphere Schmerzentscheidung...

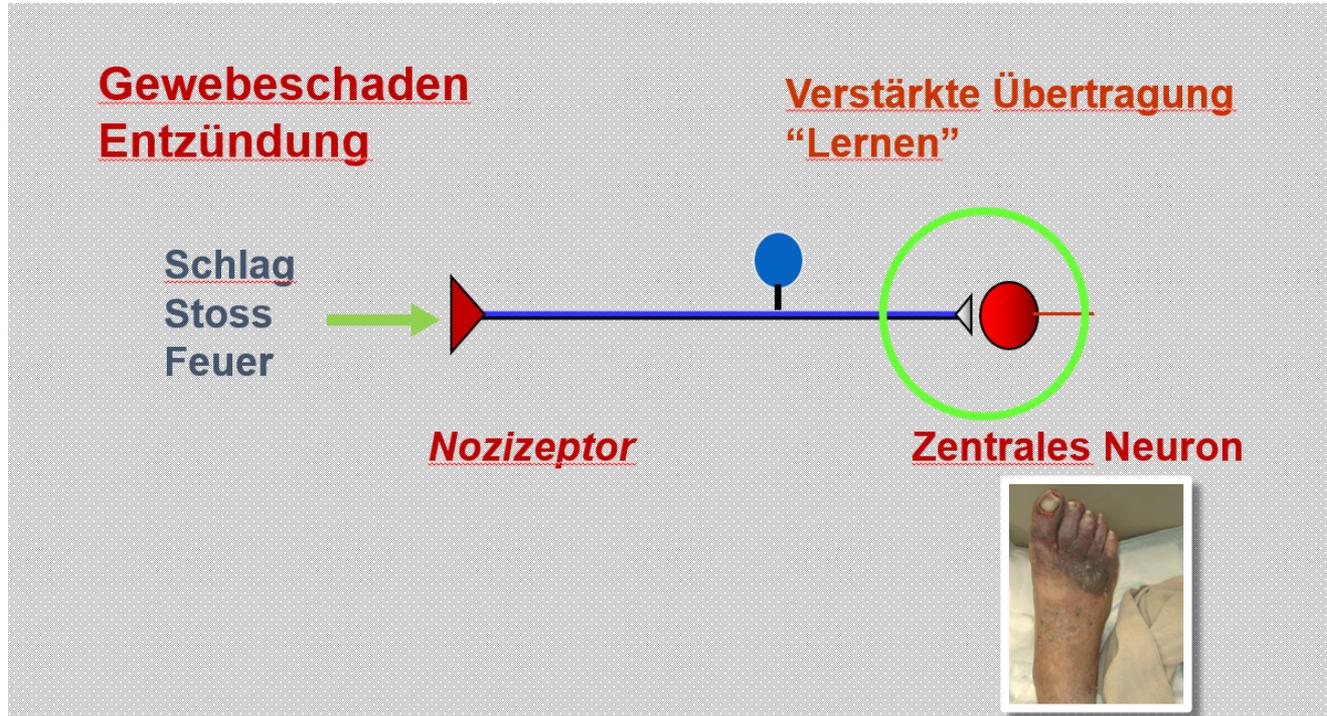


Hemmung der Prostaglandinsynthese

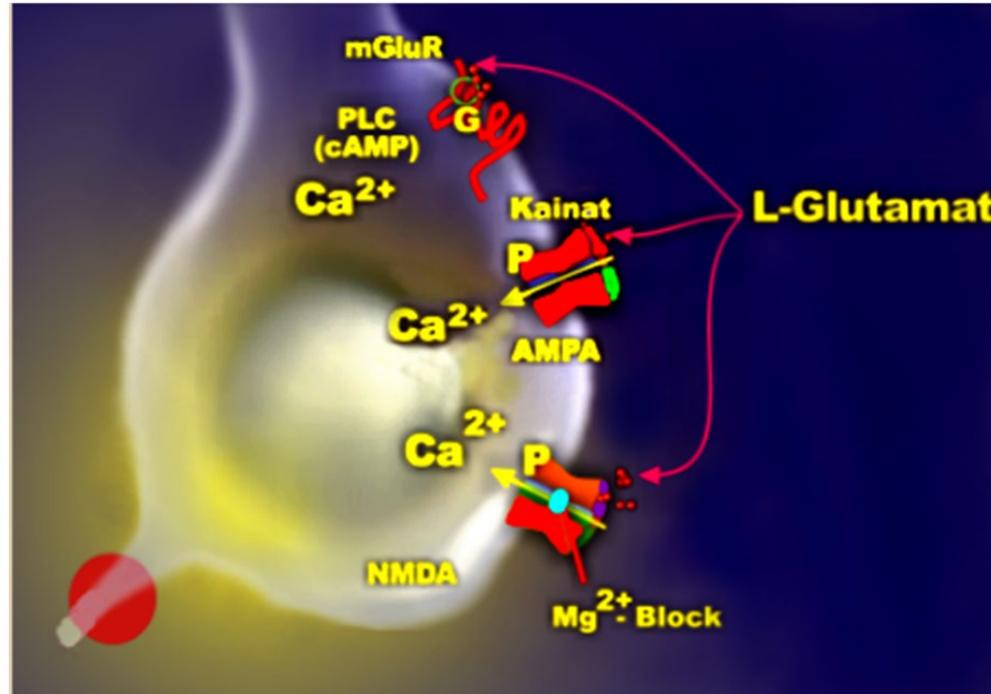


→ zentrales WIND-UP abhängig von der Frequenz des C-Fasern Inputs

Gehirn und Rückenmark lernen „Schmerz“...

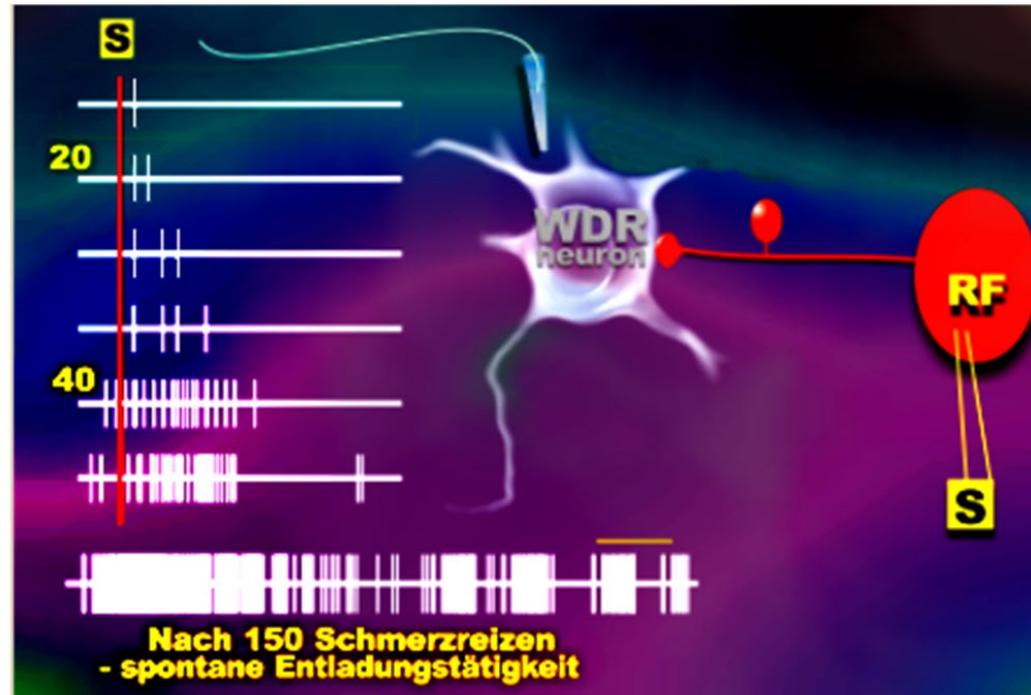


Zentral verursachte Schmerzüberempfindlichkeit: Das glutamaterge System



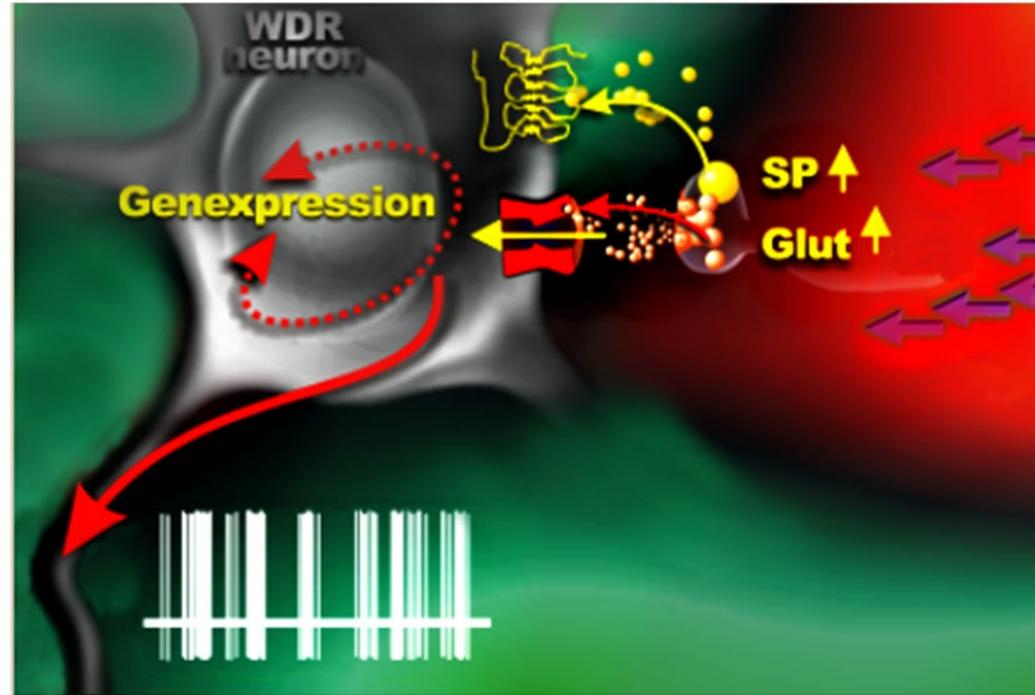
Ziegelgänsberger, Baron et al., Pfizer 2003

„Wind-up“



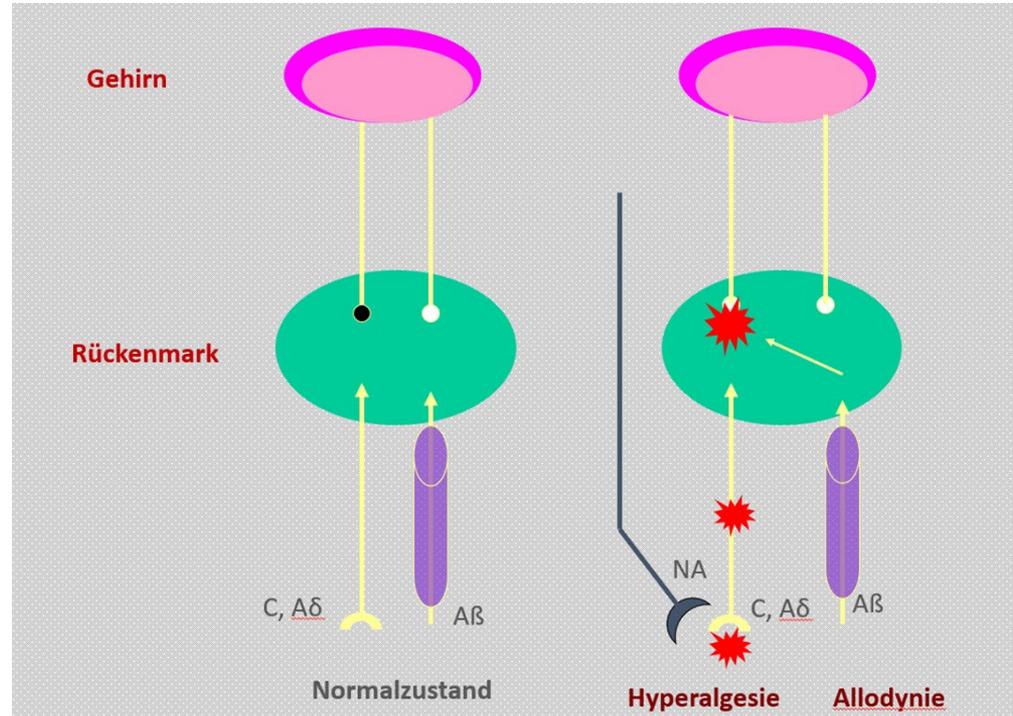
Ziegelgänsberger, Baron et al., Pfizer 2003

Zentrale Sensibilisierung



Ziegelgänsberger, Baron et al., Pfizer 2003

Zentrale Sensibilisierung



Modifiziert n. R. Baron, Anaesthesist 2000; 49:374

Zentrale Sensibilisierung



Sekundäre Hyperalgesie

= Erhöhte Schmerzempfindlichkeit auf noxische und nicht-noxische Reize **in der Umgebung eines verletzten Areals**

Nozizeptiver Schmerz: somatisch/viszeral



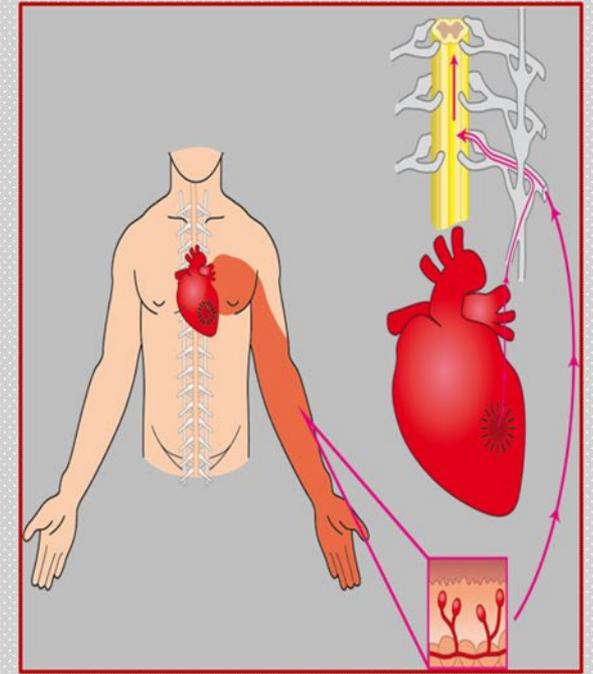
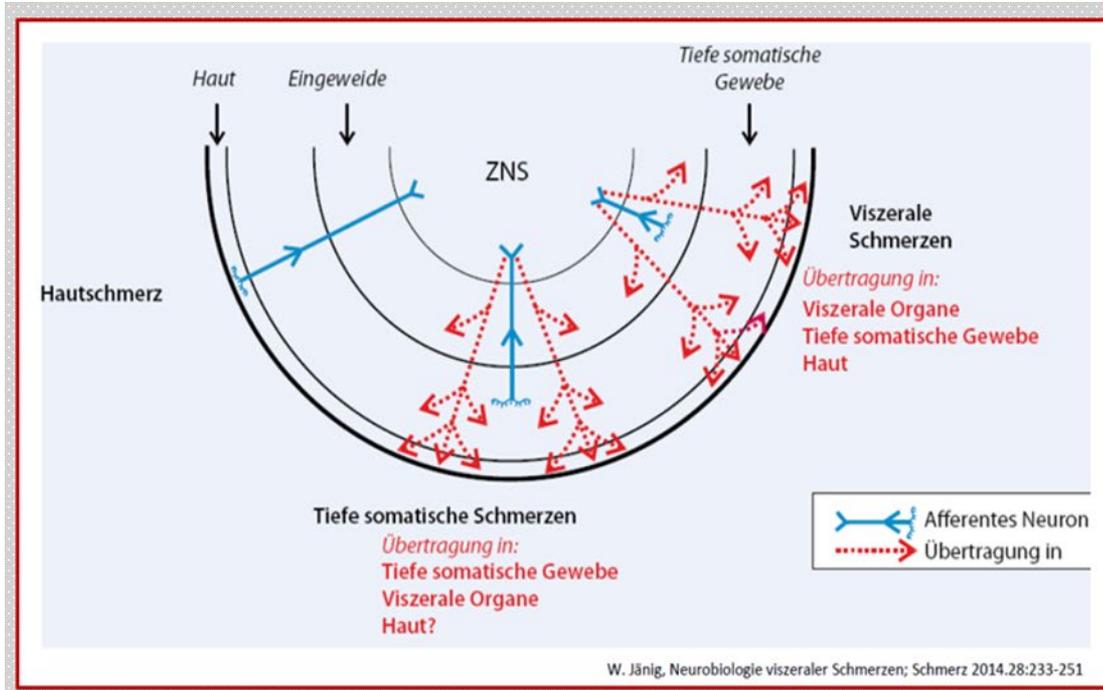
Der *nociceptive Schmerz* ist eine *angemessene physiologische Reaktion* auf ein *schmerzhaftes Trauma*

The diagram illustrates the pathway of nociceptive pain. It starts with **Transduction** at the **Peripheral nociceptors** (blue area), which are triggered by **Trauma** (red starburst). The signal travels through the **Peripheral nerve** to the **Dorsal root ganglion** and then to the **Dorsal horn** of the spinal cord. From there, the signal travels up the **Spinothalamic tract** to the brain, where it is perceived as **Schmerz** (Pain). The brain also sends **Descending modulation** (blue arrow) back to the spinal cord, which is labeled as **Modulation**.

Accompanying images show various types of pain: a person holding their back, a person holding their head, a person holding their chest, and a person holding their arm. A full-body diagram shows red spots indicating areas of pain on the back, neck, and joints.

Tortora G, Grabowski SR. Principles of Anatomy and Physiology. 10th ed.2003.

Viszeraler Schmerz: referred pain



Viszeraler Schmerz: referred pain



➤ **Head-Zonen**

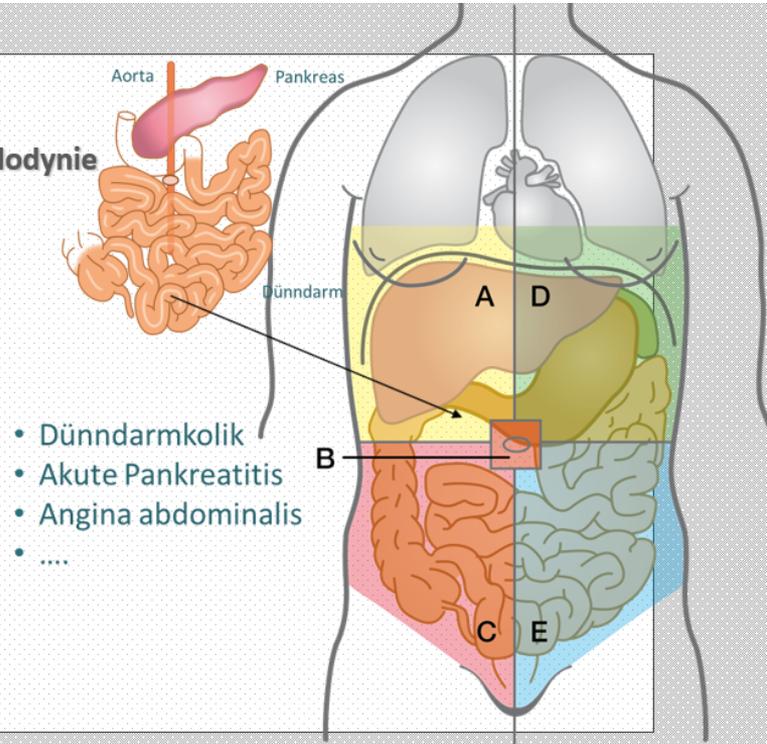
- Spontanschmerz, mechanische Hyperalgesie und / oder Allodynie

➤ **MacKenzie Zonen**

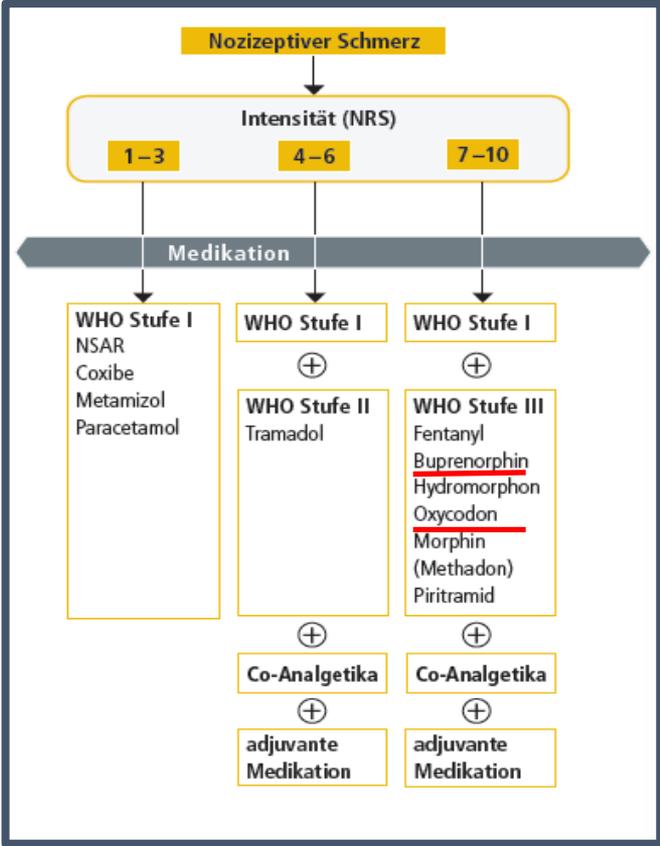
- schmerzhafter Muskelhypertonus

➤ **Somato-Viszerosympathische Reflexwege**

- Veränderung der Mikrozirkulation
- ??



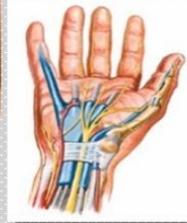
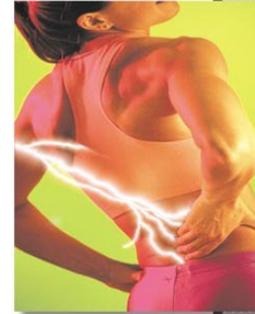
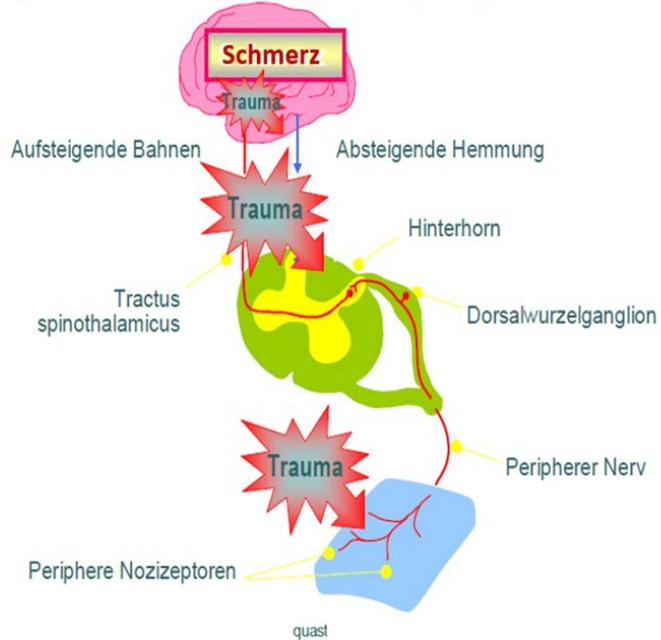
Behandlung: somatischer/viszeraler Schmerzen



Neuropathischer Schmerz



Der neuropathische Schmerz ist eine unangemessene pathologische Reaktion auf ein unspezifisches Trauma



Anatomisch lokalisierbare Ursachen



- **Metabolisch**
- **Entzündlich**
- **Traumatisch**
 - **Direkt**
 - **Indirekt**
- **Kompression**
- **Ischämisch**
- **Infiltration**

Schmerzqualität



- **Brennschmerz:**
Brennender, dumpfer Charakter
- **Spontanschmerz:**
Anfallsartig, einschließende Schmerzattacken -
neuralgiformer Schmerz (z.B. Trigeminusneuralgie)
- **Evozierte Schmerzen:**
Hyperalgesie und/oder Allodynie

Fragebögen



painDETECT SCHMERZ-FRAGEBOGEN

Datum: _____ Patient: Name: _____ Vorname: _____

Wie würden Sie Ihren Schmerz **jetzt** im Augenblick einschätzen?
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 kein max

Wie stark war der **stärkste** Schmerz in den letzten 4 Wochen?
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 kein max

Wie stark war der Schmerz in den letzten 4 Wochen im Durchschnitt?
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 kein max

Kreuzen Sie das Bild an, welches Ihren Schmerzverlauf am besten beschreibt:

Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen

Dauerschmerzen mit Schmerzattacken

Schmerzattacken dazwischen schmerzfrei

Schmerzattacken dazwischen Schmerzen

Bitte kennzeichnen Sie Ihren Hauptschmerzbereich

Spricht Ihr Schmerz in weitere Körperregionen aus? ja nein
 wenn ja, dann zeichnen Sie bitte die Richtung ein, wohin der Schmerz ausstrahlt.

Leiden Sie in den eingezeichneten Bereichen an einem Brenngefühl (z.B. Brennesseln)?
 nie kaum gering mittel stark sehr stark

Haben Sie im Bereich Ihrer Schmerzen ein Kribbel- oder Pflöckelgefühl (wie Amaisenlaufen, Stromkribbeln)?
 nie kaum gering mittel stark sehr stark

Ist leichte Berührung (Kleidung, Bettdecke) in diesem Bereich schmerzhaft?
 nie kaum gering stark sehr stark

Haben Sie im Bereich Ihrer Schmerzen blitzartige, elektrisierende Schmerzattacken?
 nie kaum gering mittel stark sehr stark

Ist Kälte oder Wärme (Badewannenwasser) in diesem Bereich gelegentlich schmerzhaft?
 nie kaum gering mittel stark sehr stark

Leiden Sie in den von Ihnen eingezeichneten Bereichen unter Taubheitsgefühl?
 nie kaum gering mittel stark sehr stark

Löst ein leichter Druck z.B. mit dem Finger in diesem Bereich Schmerzen aus?
 nie kaum gering mittel stark sehr stark

nie kaum gering mittel stark sehr stark

x 0 = 0 x 1 = x 2 = x 3 = x 4 = x 5 =

Score-Gesamtsumme von 35

R. Freyhagen, R. Baron, U. Gockel, T.R. Tölle, CurMed Res/Opin Vol 22, 2006, 1911-1920 ©Pfizer Pharma GmbH 2007

painDETECT Auswertung des Schmerz-Fragebogens

Datum: _____ Patient: Name: _____ Vorname: _____

Bitte übertragen Sie die Score-Gesamtsumme vom Schmerz-Fragebogen:
Score-Gesamtsumme

Addieren Sie bitte die folgenden Zahlen, je nach angekreuztem Schmerzverlaufs-
 muster und Schmerzausstrahlung. Bilden Sie dann die Score-Endsumme:

Dauerschmerzen mit leichten Schwankungen **0**

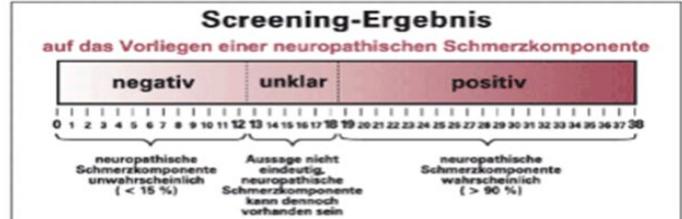
Dauerschmerzen mit Schmerzattacken **-1** falls angekreuzt, oder

Schmerzattacken dazwischen schmerzfrei **+1** falls angekreuzt, oder

Schmerzattacken dazwischen Schmerzen **+1** falls angekreuzt

Austrahlende Schmerzen? **+2** falls ja

Score-Endsumme



Dieser Bogen ersetzt keine ärztliche Diagnostik!
 Er dient dem Screening auf Vorliegen einer neuropathischen Schmerzkomponente.

DFNS

pain

R. Freyhagen, R. Baron, U. Gockel, T.R. Tölle, CurMed Res/Opin Vol 22, 2006, 1911-1920 ©Pfizer Pharma GmbH 2007

Fragebögen



DN4-FRAGEBOGEN

Befragung der Patientin/des Patienten

1 Weist der Schmerz eines oder mehrere der folgenden Merkmale auf?

Brennen Ja Nein

Gefühl einer schmerzhaften Kälte Ja Nein

Elektrische Schläge Ja Nein

2 Treten die folgenden Beschwerden zusammen mit den Schmerzen im selben Körperbereich auf?

Kribbeln Ja Nein

Pieksen Ja Nein

Taubheitsgefühl Ja Nein

Juckreiz Ja Nein

Untersuchung der Patientin/des Patienten (vom Arzt auszufüllen)

3 Sind die Schmerzen in einem Bereich lokalisiert, in dem die körperliche Untersuchung folgendes zeigt?

Hypoästhesie bei Berührung Ja Nein

Hypoästhesie bei Nadelreizen Ja Nein

4 Werden die Schmerzen ausgelöst oder verschlimmert durch:

Reiben Ja Nein

Ja: 1 Punkt
Nein: 0 Punkte

Ergebnis von ≥ 4 :
Neuropathischer Schmerz

Neuropathischer Schmerz: Leitsymptome



Negativ-Symptomatik

• Sensorisch

- Hypästhesie
- Anästhesie

• Motorisch

- Parese
- Plegie

• Autonom

- Haarverlust
- Minderdurchblutung
- Reduzierte Schweißsekretion

nicht behandelbar

Plus-Symptomatik

• Sensorisch

- Hyperästhesie
- Parästhesie
- Dysästhesie
- Allodynie
- Hyperalgesie

• Motorisch

- Konvulsionen

• Autonom

- Hypertrichose
- Schwitzen
- Hyperämie

behandelbar

Diagnostik



Beispiele der Untersuchung neuropathischer Schmerzen



Berührung
Q-Tip (Wattestäbchen)



Nadelstich
Sicherheitsnadel / Zahnstocher



Vibration
Stimmgabel 128 Hz (Ton C)



Kälte / Hitze
NaCl-Flasche aus Kühlschrank /
Wasserrohre / Reflexhammer /
Stethoskop



Druck
Bleistift

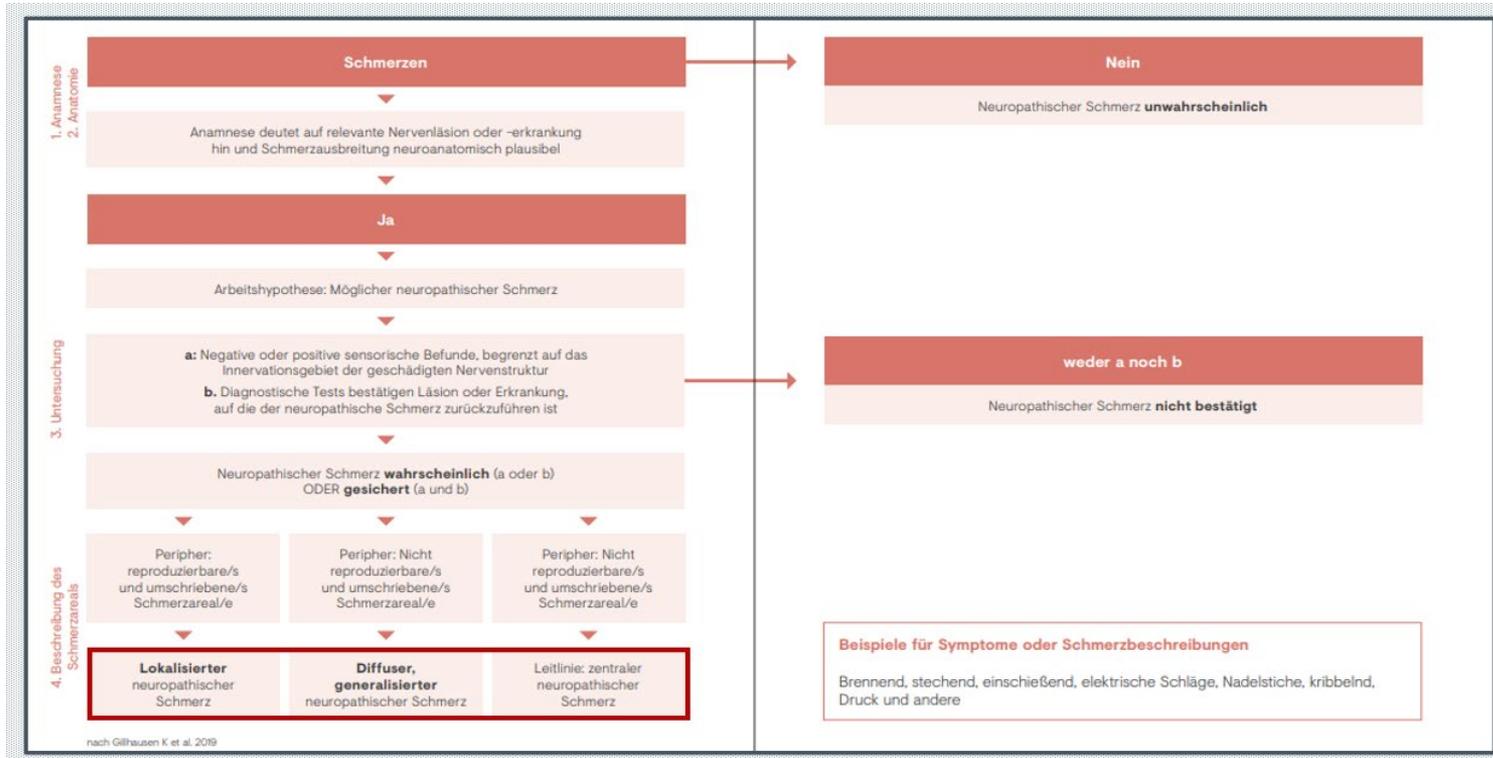
Diagnostik



		Testverfahren		
Fasern	Empfindung	Klinisch	QST	Labor
A beta	Berührung Vibration	Watte Stimmgabel (128 Hz)	Von Frey Filamente Vibrameter	NLG , SEPs
A delta	Pinprick, Spitz Kälte	Holzstäbchen Thermoroller	Gewichtete Nadeln Thermotest	LEPs --
C	Wärme Brennen	Thermoroller --	Thermotest Thermotest	Haut Biopsie

NeuPSIG 2009:
Gruccu G et al., Eur J Neurol 2010

Diagnose-Algorithmus zur Behandlung neuropathischer Schmerzen (nach Gillhausen K et al. 2019)



Anatomisch basierte Klassifikation neuropathischer Schmerzen



Periphere lokale oder multifokale schmerzhaftes Neuropathien

- Akuter Herpes zoster, postzosterische Neuralgie
- Post-Mastektomie-Schmerz, Post-Thorakotomie-Schmerz, Narbenschmerz
- Phantomschmerz, Stumpfschmerz, Schmerzen nach Nervenverletzung (komplett/inkomplett)
- Posttraumatische Neuropathie (territoriales neuropathisches Schmerzsyndrom)
- Trigeminusneuralgie, Glossopharyngeusneuralgie, Okzipitalisneuralgie
- Akute und chronische Radikulopathien, Postdissektomie-Syndrom, Ischialgie Bandscheibenvorfall, degenerative Wirbelsäulen-veränderungen
- Engpasssyndrome
- Diabetische Mononeuropathie
- Morton-Neuralgie
- Ischämische Neuropathie
- Bannwarth-Syndrom (Borrelien-Infektion)
- Neuralgische Schulteramyotrophie, Plexusläsion nach Bestrahlung
- Plexusinfiltration durch Tumor
- Sonderstellung: Komplexes regionales Schmerzsyndrom (CRPS; siehe Leitlinie „CRPS“)

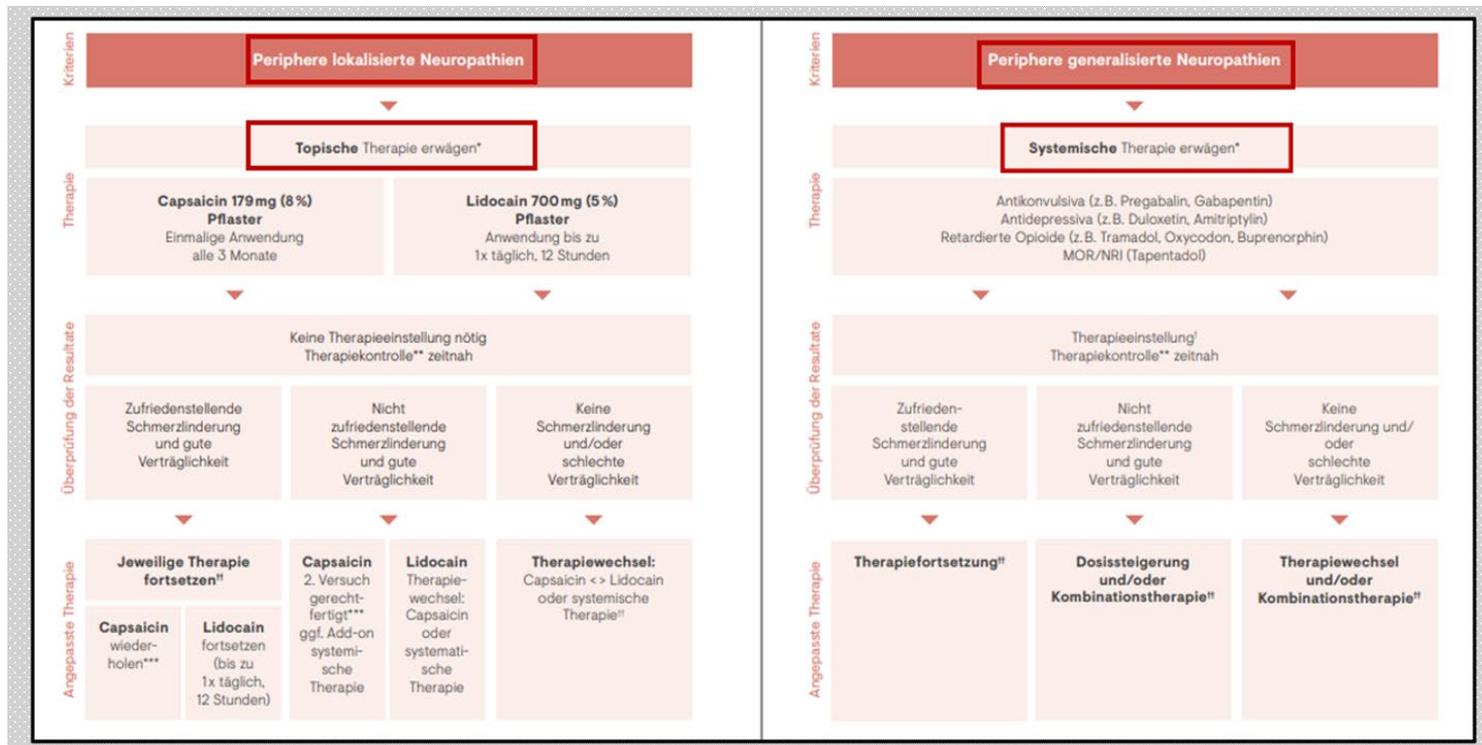
Zentrale Ursachen neuropathischer Schmerzen

- vaskuläre Läsionen
Hirninfarkte (insbesondere Insula, Thalamus, Hirnstamm), Blutungen, vaskuläre Malformationen
- entzündliche Erkrankungen
Multiple Sklerose, Abszesse, Myelitis
- traumatisch
Rückenmarkverletzungen, Schädel-Hirn-Traumata
- Tumoren
- Syringomyelie/Syringobulbie
- „Mixed Pain“-Syndrome
- chronische Rückenschmerzen
- Tumorschmerzen (bei Infiltration von neuronalen Strukturen)

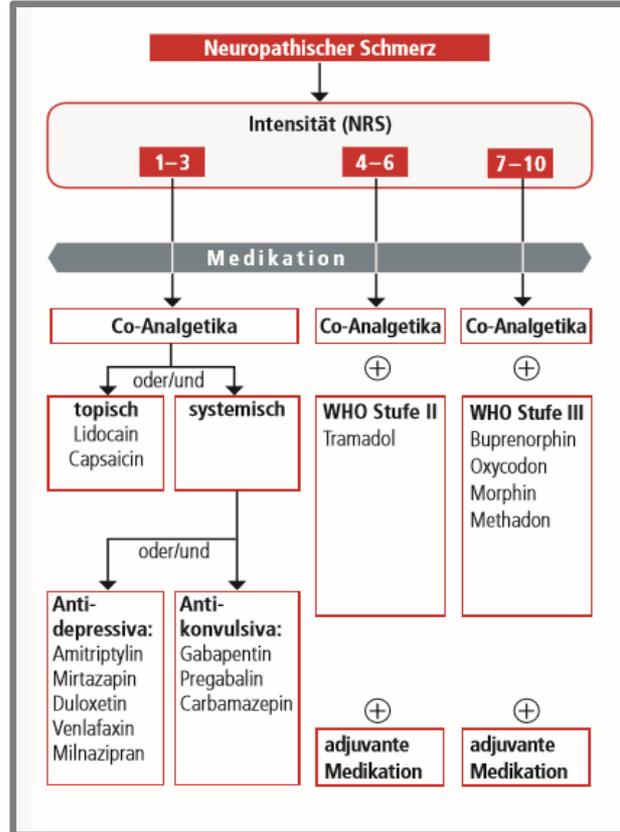
Periphere generalisierte, schmerzhaftes Neuropathien (Polyneuropathien)

- Metabolisch/ernährungsbedingt
Diabetes mellitus, Hypothyreose, Vitaminmangel (insbesondere Vitamin B12)
- Medikamente
Antiretrovirale Substanzen, Chemotherapeutika (Cisplatin, Oxaliplatin, Taxane, Thiouracil, Vincristin), Disulfiram, Antibiotika (Ethambutol, Isoniazid, Nitrofurantoin, Chloramphenicol, Metronidazol), Thalidomid, Gold
- Toxine
Alkohol, Acrylamid, Arsen, Cloquino, Dinitrophenol, Ethylenoxid, Pentachlorphenol, Thallium
- Hereditär
Amyloidose, Morbus Fabry, Morbus Charcot-Marie-Tooth Typ 2B und 5, hereditäre sensibel-autonome Neuropathien (HSAN) Typ 1 und 1B, primäre Erythromelalgie (u. a. Mutationen im Gen des spannungs-abhängigen Natriumkanals NaV1.7)
- Critical illness Polyneuropathie
- Malignome
paraneoplastisch (insbesondere Bronchialkarzinom), multiples Myelom
- Infektiös oder postinfektiös, autoimmunologisch
akute inflammatorische Polyradikuloneuropathie (Guillain-Barré-Syndrom), chronische inflammatorische demyelinisierende Polyneuritis (CIDP), vaskulitische Neuropathie
HIV-Neuropathie, Lepra
- Polyneuropathien anderer Ätiologie
sekundäre Erythromelalgie u. a.

Therapie-Algorithmus zur Behandlung neuropathischer Schmerzen (nach Gillhausen K et al. 2019)



Behandlung: neuropathischer Schmerz



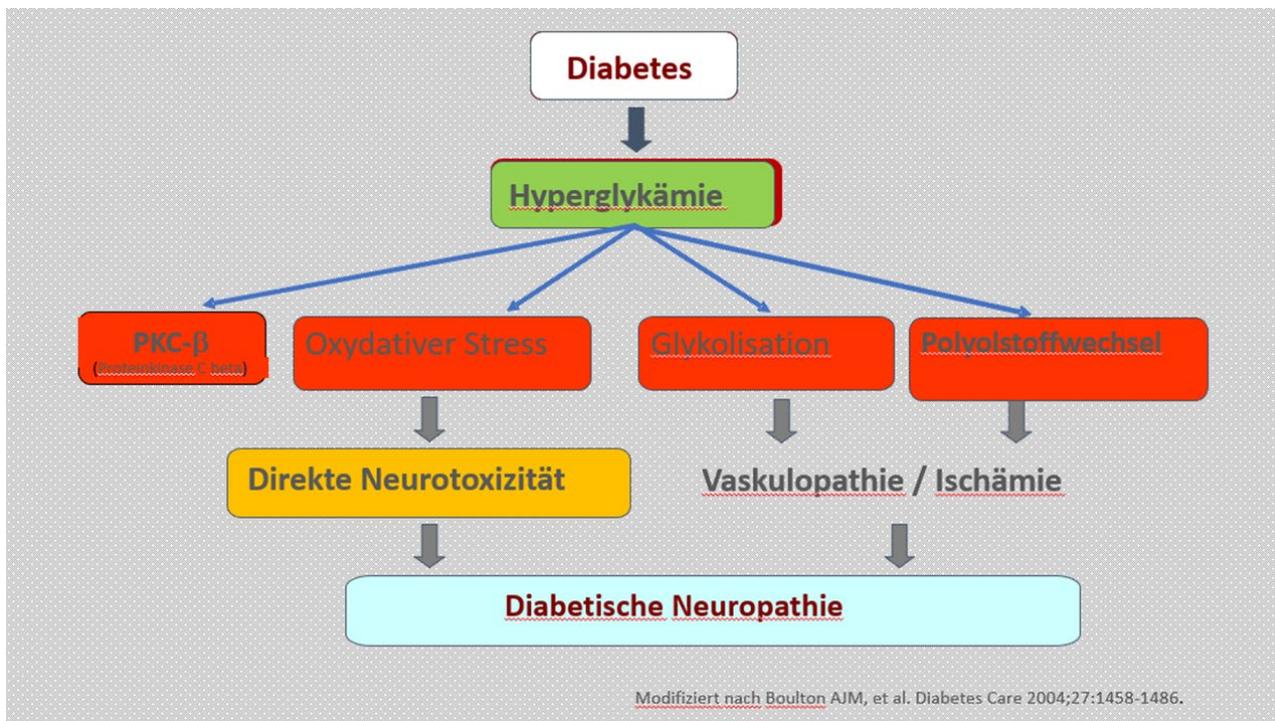
Ursachen peripherer Polyneuropathie



<i>Ursache</i>	<i>überwiegend motorisch</i>	<i>gemischt</i>	<i>überwiegend sensibel</i>
Guillain-Barre Syndrom 6%	+	+	-
Diabetes mell. 34,8%	-	+	+
Paraneoplastische Neuropathie	-	+	+
Critical illness	+	+	-
Alkohol 11%	-	+	+

Hughes RAC; Peripheral neuropathy, BMJ 2002; 324:466-469

Stoffwechselprozesse bei diabetischer Polyneuropathie



Distal symmetrische diabetische Polyneuropathie



+

- Schmerzen
- Brennen, Elektrisieren
- Kälte- Wärmegefühl
- Krämpfe
- unangenehme Missempfindungen
- kutane Hyperästhesie
- Fußulzerationen

-

- Verlust der Vibrationswahrnehmung
- Verlust der Schmerz- und Temperaturwahrnehmung
- Verlust der Propriozeption -Ataxie
- Verlust der Reflexe
- Schwinden der kleinen Muskeln

Subjektive Symptome



Oberflächliche Faser

Tiefe Faser

Sensible Reizerscheinungen

Kribbeln, Prickeln, Ameisenlaufen,
„Pelzigkeit“ - Schwellungsgefühl

Unangenehme Kälte-, Wärme-
empfindungen

Gefühl des „Eingespant- oder
Eingepresstseins“, des
„Abgeschnürtseins“;
Gefühl des tiefen Druckes

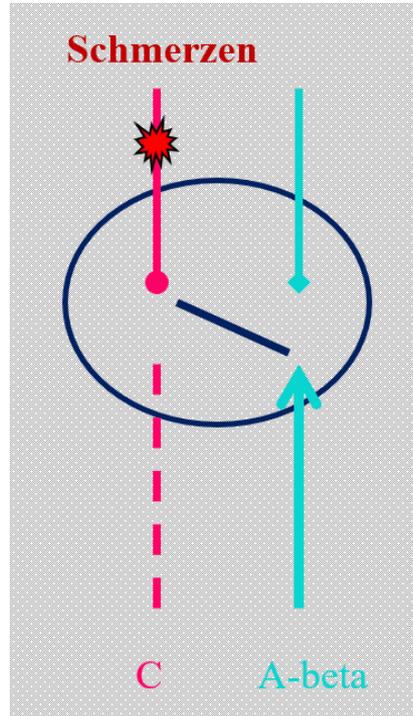
Motorische Reizerscheinungen

Muskelkrämpfe

Faszikulationen

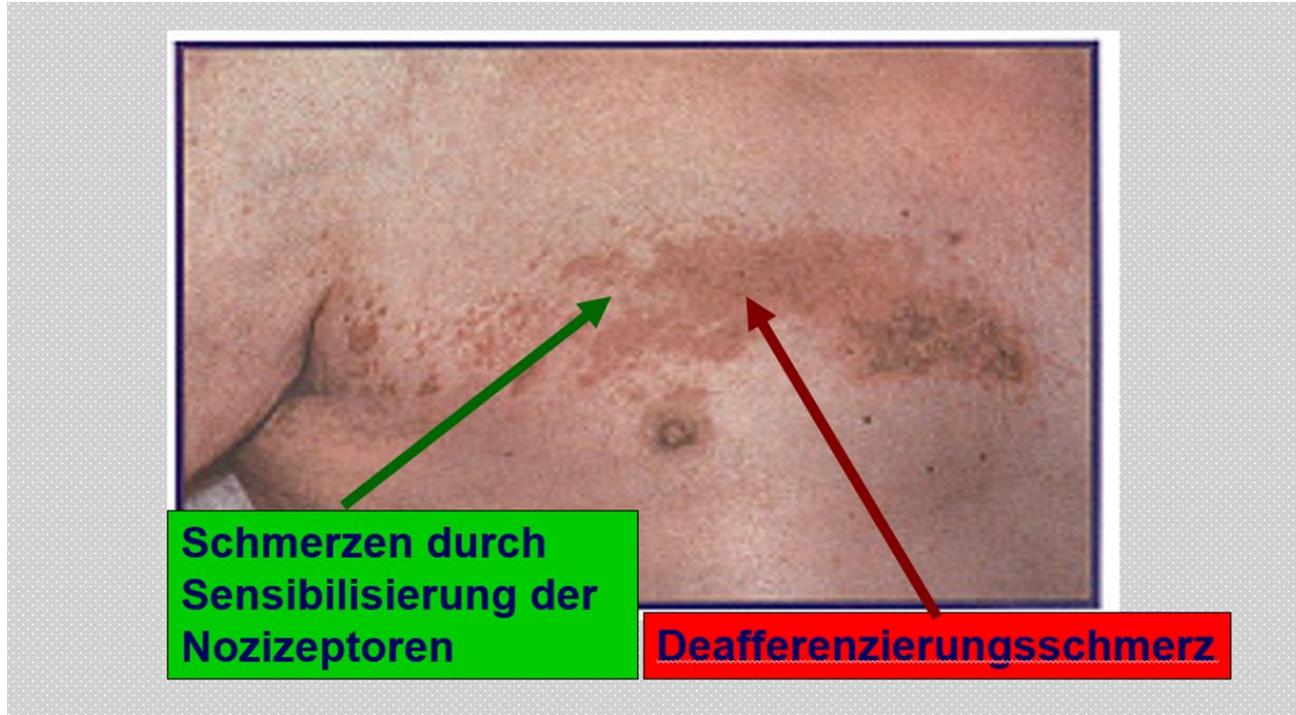
Muskelschwäche

Deafferenzierungsschmerz



Modifiziert n. R. Baron,
Anaesthesist 2000; 49:375

Herpes zoster ⇒ Postzosterneuralgie



Phantomschmerz



Modell zur Entstehung von Phantomschmerz



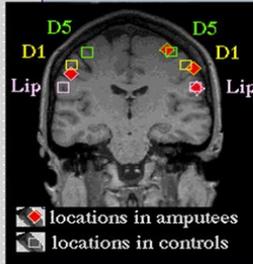
Präoperativer exzessiver Einstrom von Schmerzen aus einer Extremität,
z.B. durch Verletzung, diabetischer Neuropathie oder Tumor
Entwicklung eines **kortikalen Schmerzgedächtnisses**



Amputation mit **intensiver peri-** und postoperativer **Schmerzreizung**



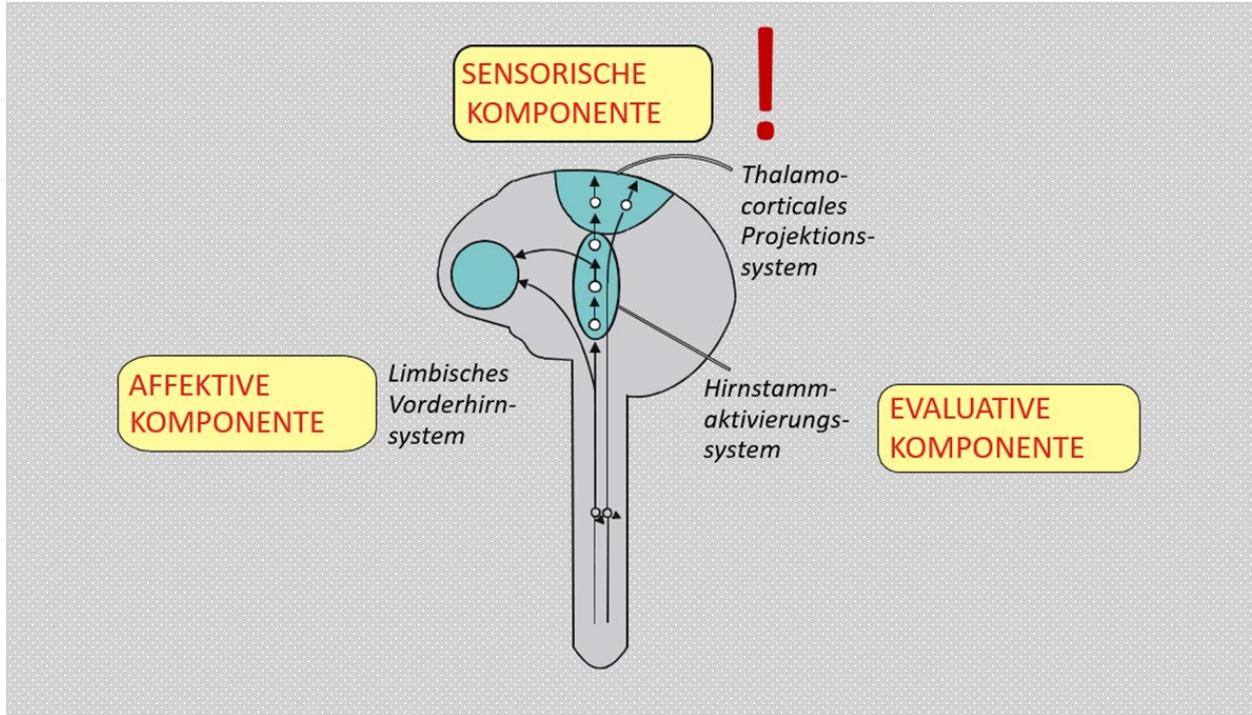
Kortikale Reorganisation in S1 und M1
Intensivierung und Ausbreitung des Schmerzgedächtnisses
→ erhöhte Erregbarkeit



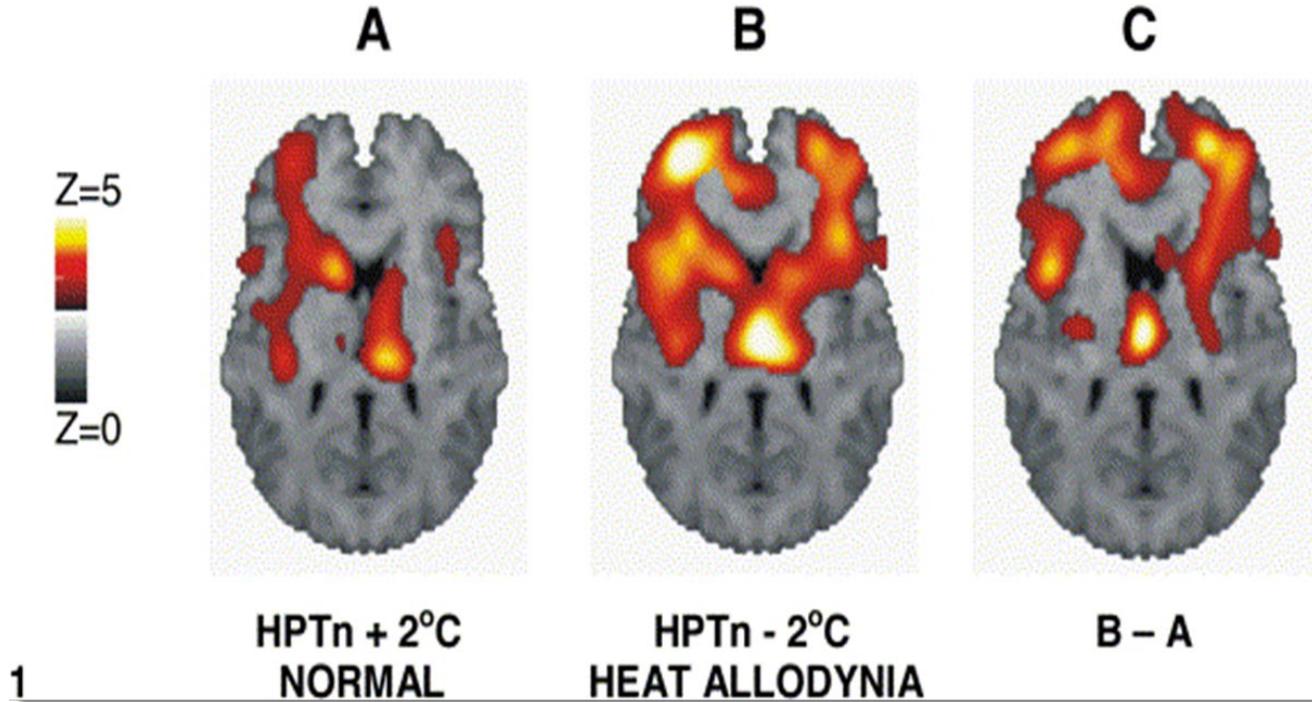
- Selektiver Verlust von C-Fasern → **Deafferenzierung**
- Zufallsverteilte Schmerzimpulse vom Stumpfareal (z.B. durch Neurome)
- Allgemeine **neuronale Erregbarkeitssteigerung spinal und supraspinal**
- **Sympathische Aktivierung**
- **Psychologische Faktoren**

Freyenhagen et al. 2003
Grüsser et al. 2003
Flor et al. 2002
Knecht et al. 1999
Montoya et al. 1998

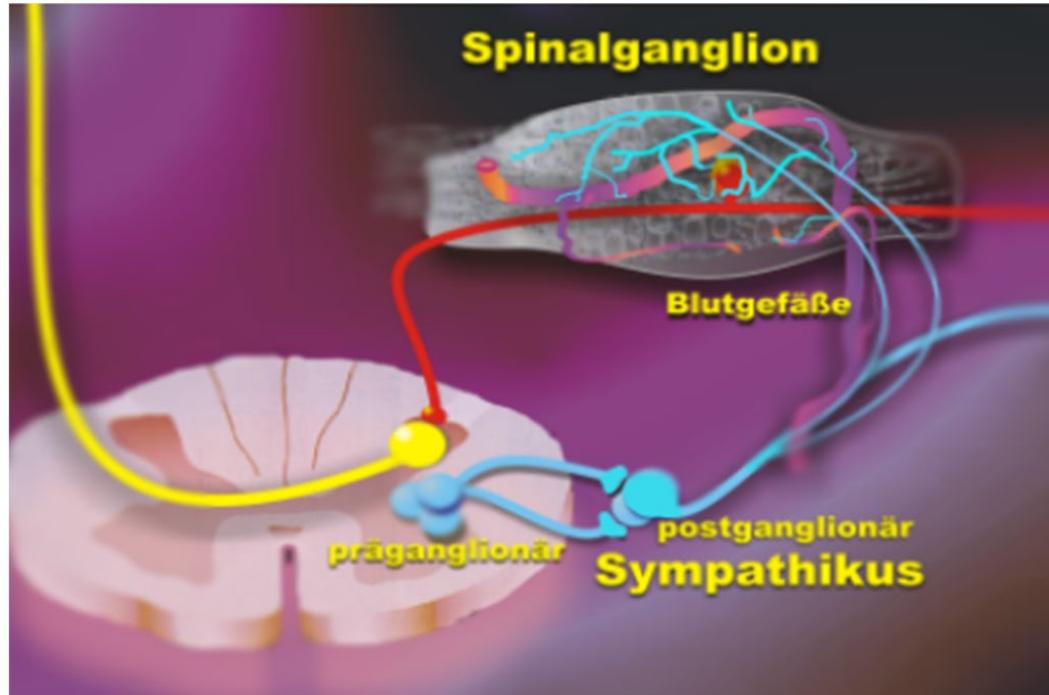
Zentralnervöse Repräsentanz von Schmerz



Veränderte Verarbeitung schmerzhafter Reize im Gehirn



Sympathisches Nervensystem



Ziegelgänsberger, Baron et al., Pfizer 2003

„CRPS“



CRPS: Merkmale



Typische Krankheitszeichen:

- **Sensorische Störung**
- **Motorische Störung**
- **Autonome Störung**
- **Trophische Veränderung**

CRPS: Leitsymptome



- Generalisierte Schwellung, glänzende Haut
- Überwärmung der Extremität
- Massive Spontanschmerzen + Allodynie
- Distale Extremität besonders betroffen
- Minderung der groben Kraft
- Häufig deutliche Schmerzreduktion nach Sympathikusblockade

CRPS: Leitsymptome



vegetativ: **Sympathetically Maintained Pain (SMP):**

Complex Regional Pain Syndrome (CRPS) - Typ I: ohne Nervenläsion (M. Sudeck)

- Typ II: mit Nervenläsion (Kausalgie)

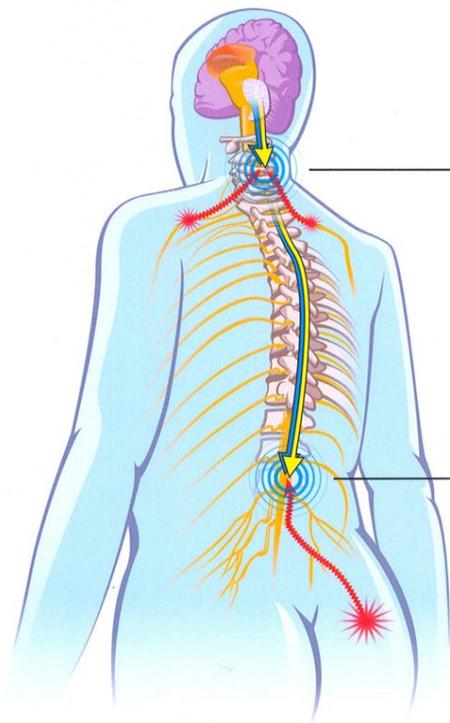
sympathisch-afferente Koppelung:

Sensibilisierung des Axons oder Perikaryons im Spinalganglion gegenüber Noradrenalin über α_2 -Rezeptoren; stimulationsabhängige Erregung des somatosensorischen Systems durch zirkulierende Katecholamine

Budapest Kriterien:

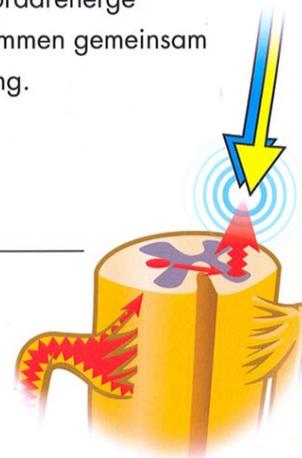
- Hyperalgesie/Allodynie bzw. Hyperästhesie
- Veränderung von Hauttemperatur, -farbe
- Veränderung von Sudomotorik, Ödem
- reduzierte Beweglichkeit, Dystonie, Tremor, «Paresen» (im Sinne von Schwäche), Veränderungen von Haar oder Nagelwachstum

„Gate Control“

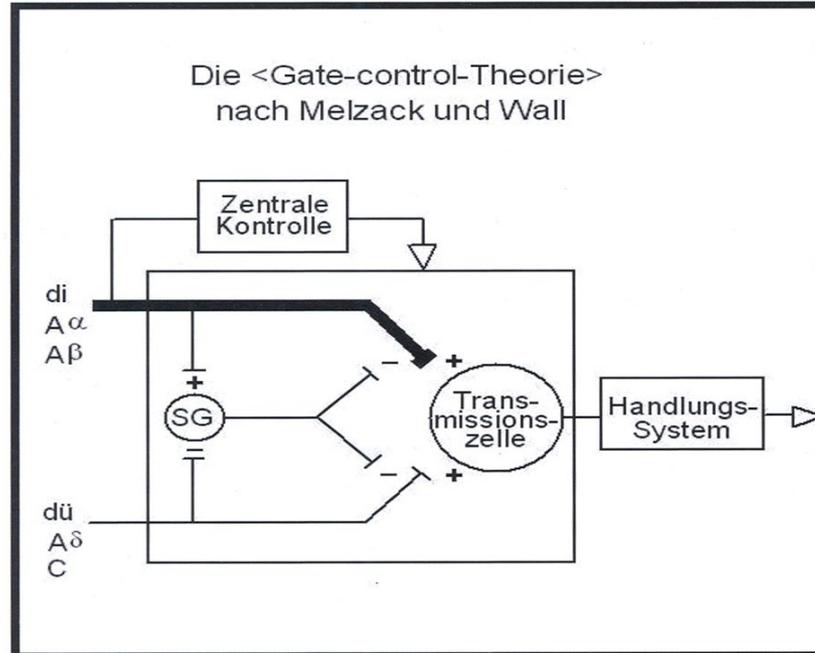


»Gate Control«-Funktion

Serotonerge + noradrenerge
Nervenfasern hemmen gemeinsam
die Schmerzleitung.



„Gate Control“ am Hinterhorn



Hemmende und bahnende Afferenzen zum Hinterhorn

„Gate Control“ am Hinterhorn



Erregende Bahnen

A β und A δ , C-Fasern

Segmentale Hemmung durch spinale Interneuronen:

Präsynaptische Erregungskontrolle

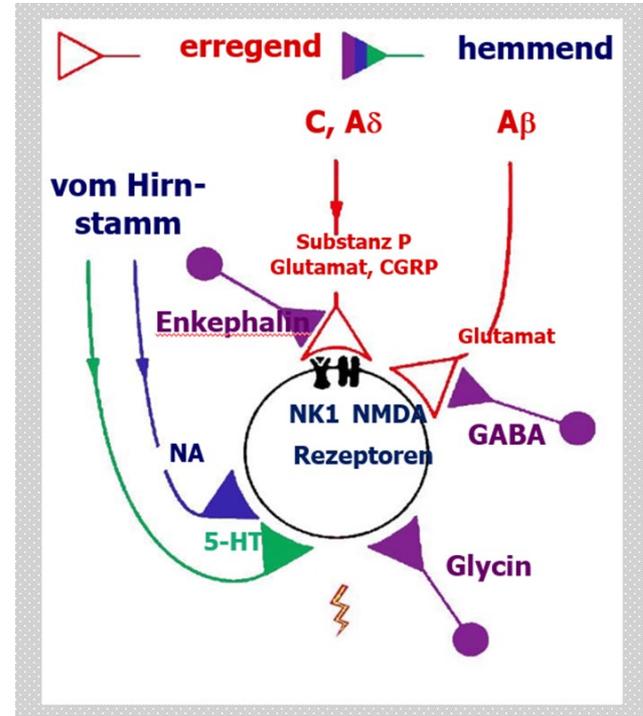
Opioide (z.B. Enkephalin), GABA

Postsynaptische Hyperpolarisation

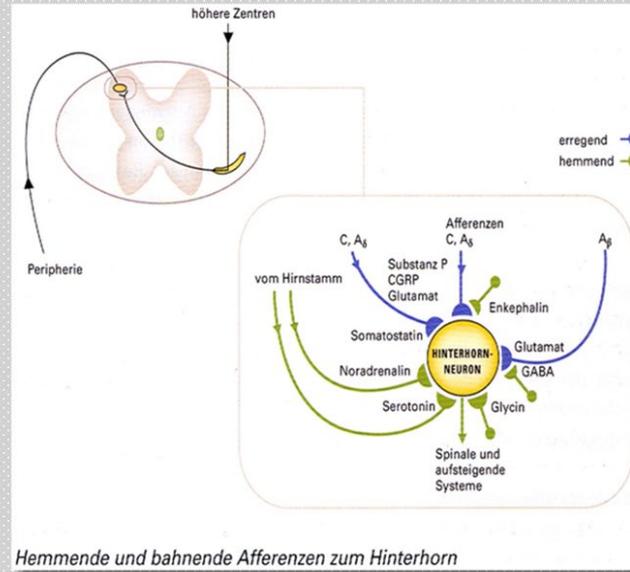
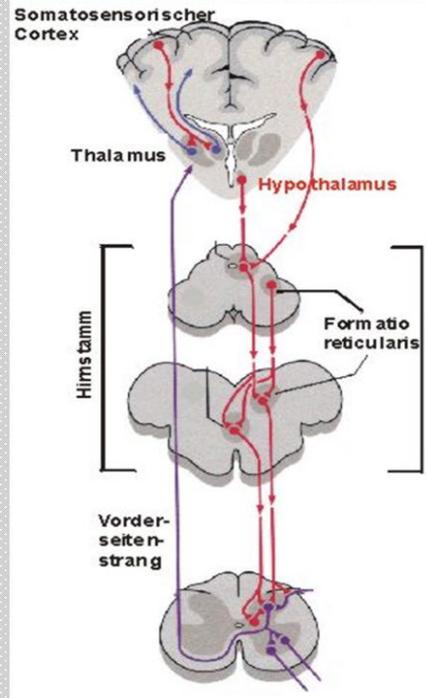
Glycin

Absteigende Hemmung aus supraspinalen Regionen

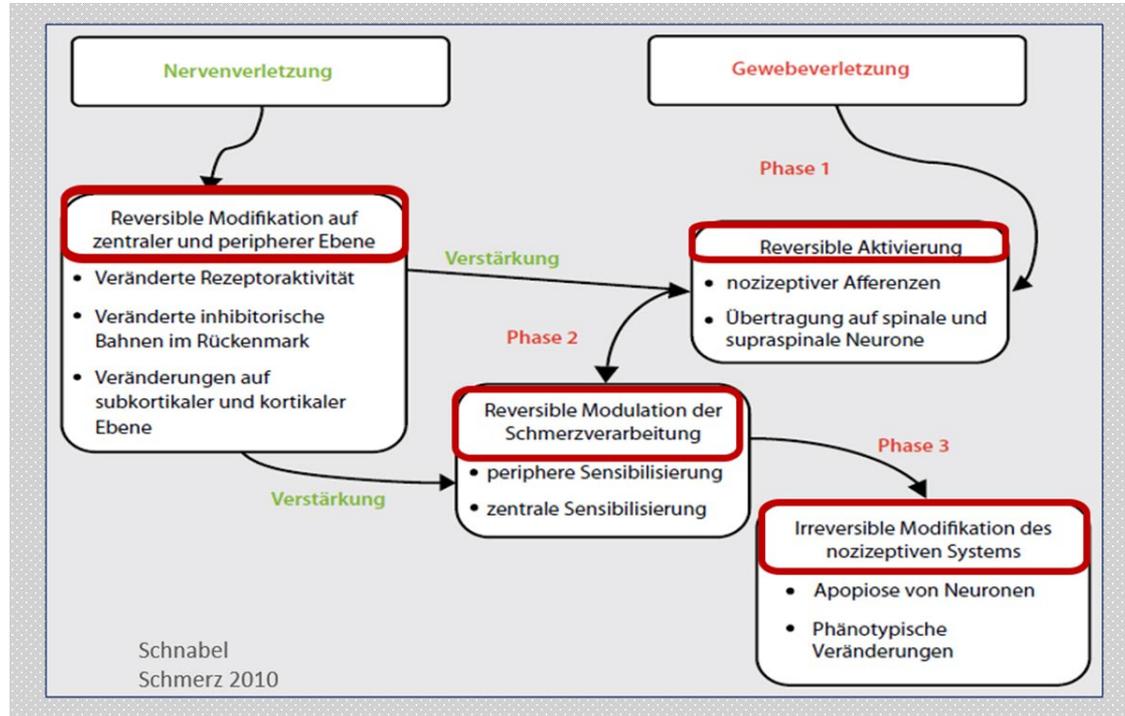
NA, 5-HT Neuronen aus dem Hirnstamm



Schmerzhemmung



somatischer – viszeraler – neuropathischer Schmerz

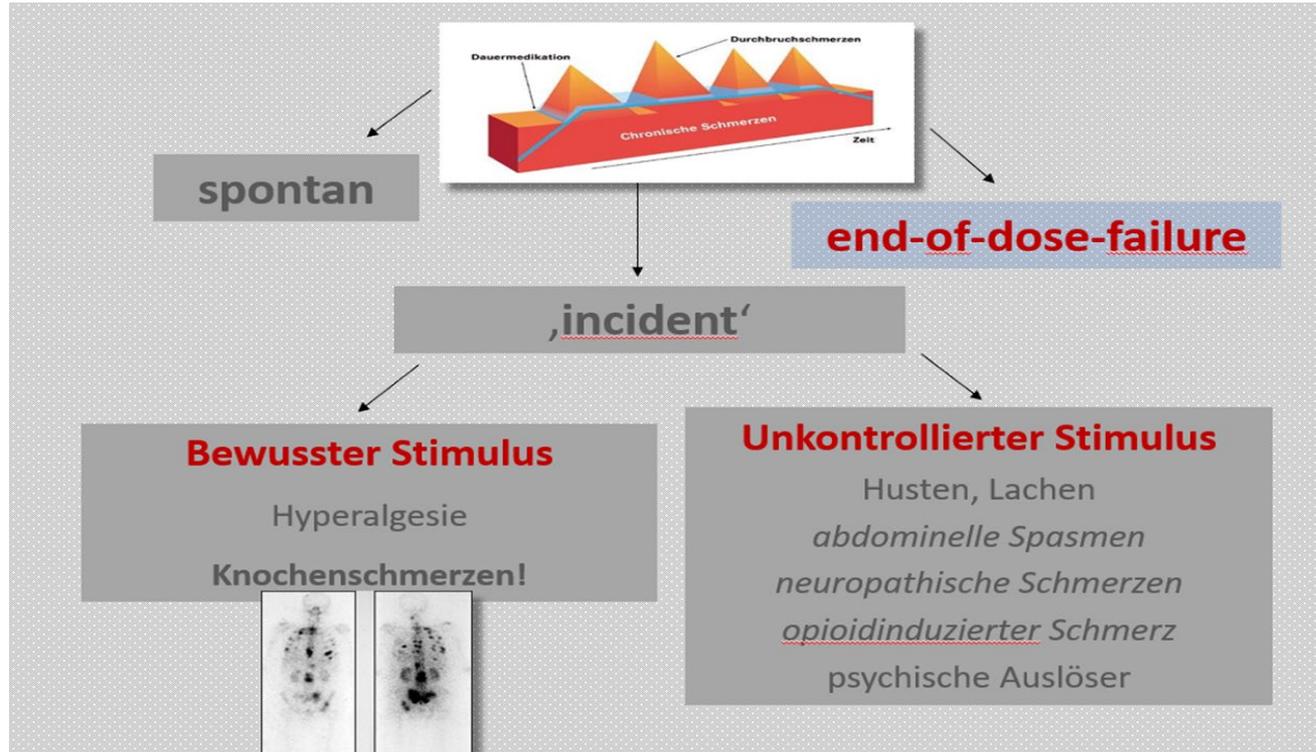


Schmerzartendifferenzierung



	Tumorschmerz		
Schmerzcharakter	Diffus; einschließend	lokalisiert	Diffus; referred
Nerfenfasern	Aβ , A δ , C	Aβ , A δ , C	A δ , C
Symph. NS	Ja	Nein	?
Sprouting	Aβ , C	Nein	Nein
Wind up	Ja	Nein	Ja
Sensitisierung	Ja	?	Ja
Opioidempfindlichkeit	Stark reduziert	Normal	$\kappa!$
Coanalgetika	Ja	Nein	Ja

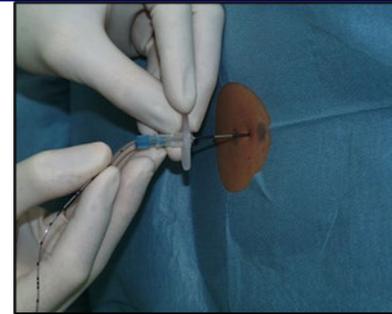
Durchbruchschmerz



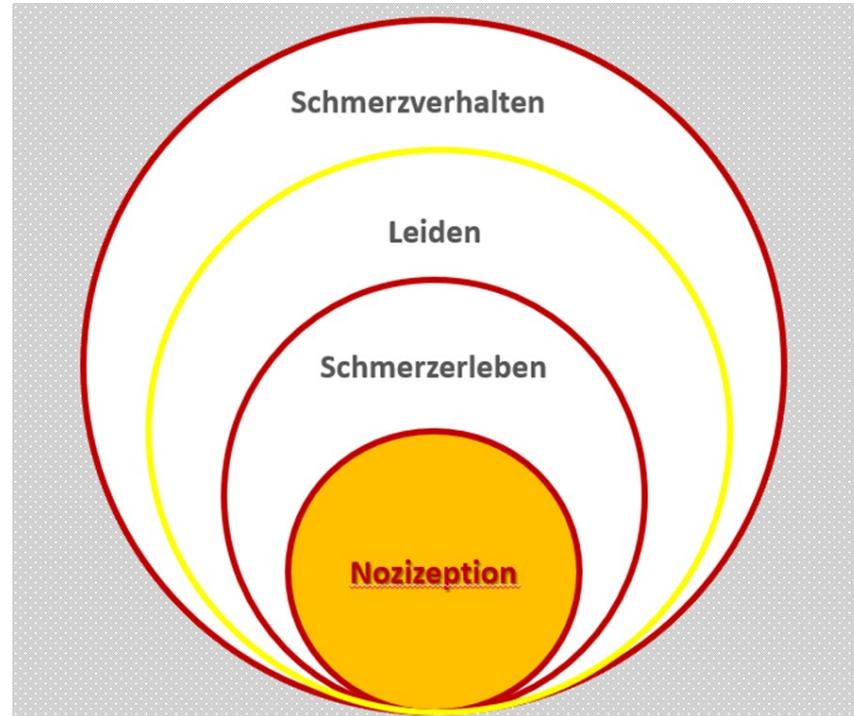
invasive therapeutische Ansätze



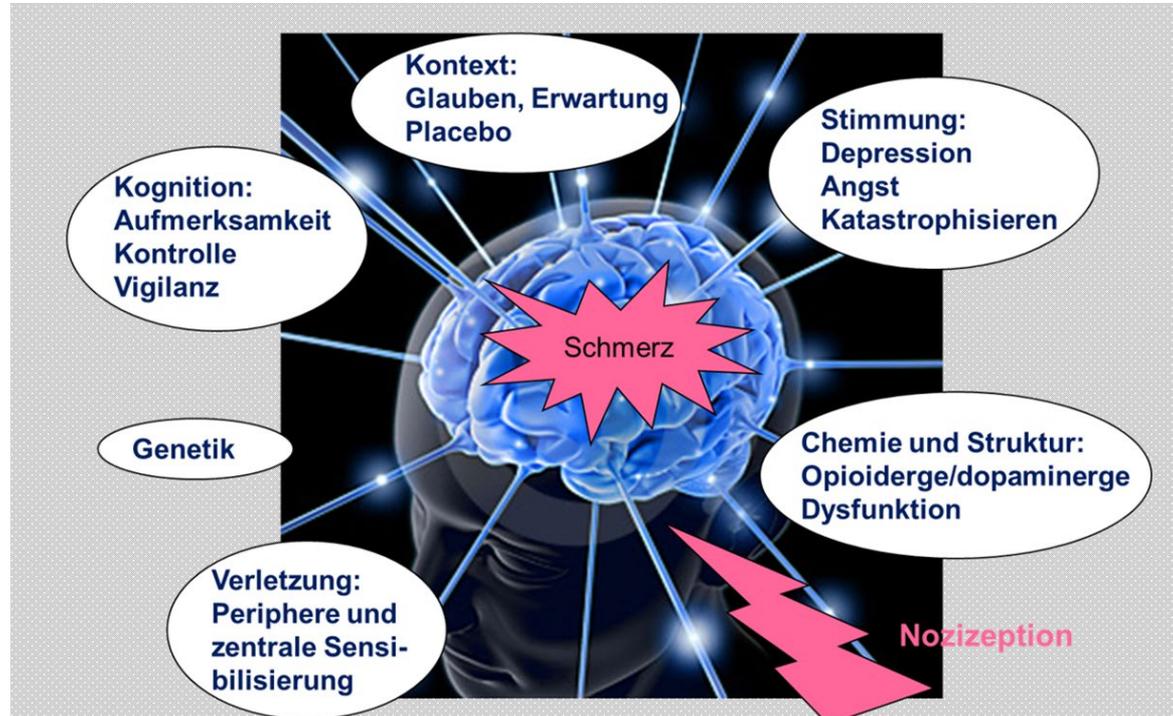
- **Sympathikusblockaden**
- Sympathikusneurolyse
- Neurolysen
- Epidurale Stimulation (SCS)
- I.t. Analgetika über i.t. Katheter und implantierte Pumpen
- Tiefe Hirnstimulation



Das Schachtelmodell von J.D. Loeser



Welche Faktoren beeinflussen das Schmerzempfinden?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

