

Pharmakogenetik nach Wirkstoffen

Relevanz von Phase-I- und Phase-II-Enzymen für Wirksamkeit und Verträglichkeit

Unterschiede in der Aktivität von Phase-I- und Phase-II-Enzymen können die Wirksamkeit und Verträglichkeit von Medikamenten maßgeblich beeinflussen. Phase I der Arzneimittelmetabolisierung umfasst überwiegend oxidierende, reduzierende oder hydrolysierende Reaktionen, die vor allem durch Cytochrom-P450-Enzyme vermittelt werden und zur Aktivierung oder Inaktivierung von Wirkstoffen führen können. Phase II beinhaltet konjugierende Reaktionen (z. B. Glucuronidierung, Sulfatierung, Acetylierung), durch die Metaboliten in der Regel wasserlöslicher werden und die renale oder biliäre Elimination erleichtert wird.

Eine genetisch bedingte verminderte oder gesteigerte Aktivität von Phase-I- und/oder Phase-II-Enzymen kann zu klinisch relevanten Abweichungen der Wirkstoffkonzentration führen. Eine reduzierte Metabolisierung begünstigt erhöhte Plasmaspiegel und damit ein erhöhtes Risiko für Arzneimittelnebenwirkungen, während eine beschleunigte Metabolisierung zu subtherapeutischen Konzentrationen und fehlender oder verminderter Wirksamkeit führen kann.



Zusätzlich kann eine veränderte Enzymaktivität die Bildung aktiver oder toxischer Metaboliten beeinflussen und so das Nebenwirkungsprofil einzelner Arzneistoffe maßgeblich verändern.

Die folgende **Tabelle zeigt die relevanten Enzymsysteme für verschiedene Medikamentenklassen** und dient als Orientierungshilfe im Kontext einer individualisierten Therapie. Das IMD Berlin bietet hierfür eine Vielzahl an pharmakogenetischen Untersuchungen an, die eine differenzierte Beurteilung der individuellen Arzneimittelverstoffwechselung ermöglichen und die personalisierte Therapieentscheidung unterstützen.



Scannen Sie den QR-Code für aktuelle Angaben auf der IMD-Berlin Webseite: <https://www.imd-berlin.de/spezielle-kompetenzen/pharmakogenetik>

Wirkstoff / Toxin	Präparate / Quellen	Phase-I-Enzyme	Phase-II-Enzyme	Sonstige Gene	Klinische Relevanz
5-Fluorouracil	Efudix®, Actikerall®, Fluorouracil-Generika		DPYD		DPYD-Mangel: Schwere Toxizität (Myelosuppression, Mukositis)
Abacavir	Ziagen®, Trizivir®, Kivexa®			HLA-B*57:01	HLA-B*57:01: Hypersensitivitätsreaktion → Vorabtestung!
Acetylsalicylsäure (ASS)	Aspirin, Godamed				
Acrylamid	Gebackene/gebratene Lebensmittel		GST-M1, GST-T1		GST-M1/T1 null: Neurotoxizitätsrisiko?
Aflatoxin B1	Schimmelpilze	CYP3A4, CYP1A2	GST-M1		GST-M1 null: Hepatokarzinom-Risiko ↑
Agomelatin	Valdoxan, Agomelatin				
Alendronsäure	Fosamax, Alendronsäure				
Allopurinol	Zyloric®, Allopurinol-ratiopharm®, Allopurinol-CT®, Allopurinol Sandoz®			HLA-B*58:01	HLA-B*58:01: SCAR-Risiko (besonders asiat. Population)
Allopurinol	Zyloric, Allopurinol				HLA-B*58:01 nur bei asiatischer Abstammung
Amiodaron	Cordarex®, Amiodaron-ratiopharm®, Amiodaron Sandoz®, Amiodaron-Mepha®	CYP3A4,			CYP2C8-PM: Neuropathie-Risiko
Amitriptylin	Saroten®, Amitriptylin neuraxpharm®, Amitriptylin AbZ®, Tryptizol®	CYP2C19, CYP2D6			CYP2D6-PM: Wirkverlust; CYP2C19-PM: Nebenwirkungen ↑
Amlodipin	Norvasc, Amlodipin				
Amoxicillin	Amoxicillin, Amoxypen				
Apixaban	Eliquis, Apixaban				
Aromatische Amine	Tabakrauch, Farbstoffe	CYP1A2	NAT2		NAT2 langsam: Blasenkrebsrisiko ↑
Arsen	Trinkwasser, Reis		GST-M1, GST-T1		GST-M1/T1 null: Hautkrebsrisiko ↑
Azathioprin	Imurek®, Azathioprin-Lischka®, Azafalk®, Azathioprin-Mepha®		TPMT		TPMT-Defizienz: Lebensgefährliche Myelosuppression
Azithromycin	Zithromax, Azithromycin				
Baclofen	Lioresal, Baclofen				
Benzol	Benzin, Lösungsmittel		GST-T1, GST-M1		GST-M1 null: Leukämierisiko ↑
Bisoprolol	Concor, Bisoprolol				Geringe CYP2D6-Abhängigkeit
Bupropion	Elontril, Bupropion				CYP2B6, aber selten getestet
Capecitabin	Xeloda®, Capecitabin Teva®, Capecitabin Hexal®, Capecitabin Accord®		DPYD		DPYD-Mangel: Schwere Toxizität (Diarrhö, Myelosuppression)
Carbamazepin	Tegretal®, Timonil®, Carbamazepin-neuraxpharm®, Carbamazepin-Mepha®	CYP2C19, CYP3A4	UGT1A1	HLA-B*15:02	HLA-B*15:02: SCAR-Risiko (asiat. Population)
Cefuroxim	Cefuroxim, Elobact				
Celecoxib	Celebrex®, Celecoxib 1A Pharma®, Celecoxib Hexal®, Celecoxib Sandoz®	CYP2C9			CYP2C9-PM: GI-Blutungsrisiko ↑
Cetirizin	Zyrtec, Cetirizin				
Ciprofloxacin	Ciprobay, Ciprofloxacin				
Citalopram	Cipramil®, Citalopram-ratiopharm®, Citalopram neuraxpharm®, Citalopram Hexal®	CYP2C19, CYP3A4			CYP2C19-PM: Dosisreduktion (max. 20 mg/Tag)
Clarithromycin	Klacid, Clarithromycin				CYP3A4-Substrat, aber selten getestet



Wirkstoff / Toxin	Präparate / Quellen	Phase-I-Enzyme	Phase-II-Enzyme	Sonstige Gene	Klinische Relevanz
Clindamycin	Sobelin, Clindamycin				
Clomipramin	Anafranil®, Clomipramin neuraxpharm®, Clomipramin-Mepha®	CYP2C19, CYP2D6			CYP2D6-PM: Wirkverlust; CYP2C19-PM: Spiegel ↑
Clonazepam	Rivotril®	CYP3A4	NAT2		NAT2 langsam: Sedierungsrisiko ↑
Clopidogrel	Plavix®, Iscover®, Clopidogrel-ratiopharm®, Clopidogrel Sandoz®	CYP2C19			CYP2C19-PM: Wirkverlust → Thromboserisiko
Clozapin	Leponex®, Clozapin neuraxpharm®, Clozapin-Mepha®	CYP1A2			CYP1A2-PM: Agranulozytose-Risiko; Rauchen beschleunigt Metabolisierung
Codein	Codipront®, Codein phosphate Lichtenstein®, Hustenmittel-Kombinationen mit Codein	CYP2D6			CYP2D6-UM: Toxizität; CYP2D6-PM: Wirkverlust
Colchicin	Colchicum, Colchicin				
Cyclophosphamid	Endoxan®, Cyclophosphamid-hospira®, Cyclophosphamid Accord®	CYP2C9, CYP3A4	GST-M1, GST-T1		GST-M1 null: Toxizitätsrisiko ↑, besseres Ansprechen?
Dabigatran	Pradaxa, Dabigatran				
Dapagliflozin	Forxiga, Dapagliflozin				
Denosumab	Prolia, Denosumab				
Diazepam	Valium®, Diazepam-ratiopharm®, Faustan®, Stesolid®	CYP2C19			CYP2C19-PM: Sedierungsrisiko ↑
Dichlormethan	Lösungsmittel		GST-T1		GST-T1 null: Toxizitätsrisiko ↑
Diclofenac	Voltaren®, Diclofenac-ratiopharm®, Diclac®, Inflamac®, Mephadolor®	CYP2C9			CYP2C9-PM: GI-Blutungsrisiko ↑
Diclofenac	Voltaren, Diclofenac				CYP2C9-Abhängigkeit, aber selten getestet
Docetaxel	Taxotere®, Docetaxel Accord®, Docetaxel Hexal®, Docetaxel Hospira®	CYP3A4			ABCB1: Resistenzentwicklung
Domperidon	Motilium, Domperidon				
Doxorubicin	Adriblastin®, Doxorubicin Teva®, Doxorubicin Hexal®				NQO1-PM: Kardiotoxizitätsrisiko ↑
Doxycyclin	Doxycyclin, Supracyclin				
Duloxetin	Cymbalta®, Duloxetin 1A Pharma®, Duloxetin neuraxpharm®	CYP2D6, CYP1A2			CYP2D6-PM: Spiegel ↑
Dutasterid	Avodart, Dutasterid				
Edoxaban	Lixiana, Edoxaban				
Empagliflozin	Jardiance, Empagliflozin				
Escitalopram	Ciprallex®, Escitalopram-ratiopharm®, Escitalopram-Mepha®	CYP2C19			CYP2C19-PM: Dosisreduktion erwägen
Esomeprazol	Nexium, Esomeprazol				geringere CYP2C19-Abhängigkeit
Ethinylestradiol + Gestagen-Kombinationen	Diverse (z. B. Valette)				
Etoposid	Vepesid®, Etoposid Accord®, Etopophos®	CYP3A4	UGT1A1		UGT1A1*28: Toxizitätsrisiko ↑
Fexofenadin	Telfast, Fexofenadin				
Finasterid	Propecia, Finasterid				
Flecainid	Tambocor®, Flecainid-ratiopharm®, Flecainid-Mepha®	CYP2D6			CYP2D6-PM: Kardiale Nebenwirkungen ↑

Wirkstoff / Toxin	Präparate / Quellen	Phase-I-Enzyme	Phase-II-Enzyme	Sonstige Gene	Klinische Relevanz
Fluoxetin	Fluctin®, Fluoxetin neuraxpharm®, Fluoxetin-ratio-pharm®	CYP2D6, CYP2C9			Starker CYP2D6-Inhibitor
Fluticason	Flutide, Fluticason				Nasal/topisch
Fluvoxamin	Fevarin®, Fluvoxamin neuraxpharm®, Fluvoxamin-Mepha®	CYP2D6, CYP1A2			Starker CYP1A2-/CYP2C19-Inhibitor
Furosemid	Lasix, Furosemid				
Gliclazid	Diamicron, Gliclazid				
Haloperidol	Haldol®, Haloperidol neuraxpharm®, Haloperidol-Verla®	CYP2D6			CYP2D6-PM: EPMS-Risiko ↑
Heparin (NMH)	Clexane, Enoxaparin				
Hydrochlorothiazid (HCT)	Esidrix, HCT				
Hydroxychloroquin	Quensyl, Hydroxychloroquin				
Ibuprofen	Dolormin®, Nurofen®, Brufen®, Ibuprofen-ratio-pharm®, Ibuprofen Hexal®	CYP2C9			CYP2C9-PM: GI-Blutungsrisiko ↑
Ibuprofen	Dolormin, Ibuprofen				CYP2C9-Abhängigkeit, aber selten getestet
Ifosfamid	Holoxan®, Ifosfamid-hospira®, Ifosfamid medac®	CYP3A4,	GST-M1		GST-M1 null: Enzephalopathie-Risiko ↑
Imipramin	Tofranil®, Imipramin neuraxpharm®	CYP2C19, CYP2D6			CYP2D6-PM: Wirkverlust; CYP2C19-PM: Spiegel ↑
Insulin (Humaninsulin, Analoga)	Huminsulin, Lantus				
Irinotecan	Campto®, Irinotecan Accord®, Irinotecan Hexal®, Irinotecan Teva®		UGT1A1		UGT1A1*28: Schwere Diarrhö, Neutropenie
Isoniazid	Isozid®, Tuberkuloestad®		NAT2		NAT2 langsam: Periphere Neuropathie
Lamotrigin	Lamictal, Lamotrigin				
Lansoprazol	Agopton®, Lansoprazol Hexal®, Lansoprazol Sandoz®	CYP2C19			CYP2C19-PM: Spiegel ↑ → Dosisanpassung
Lapatinib	Tyverb®	CYP3A4			CYP3A4-Hemmer: Spiegel ↑ deutlich
Levetiracetam	Keppra, Levetiracetam				
Levocetirizin	Xusal, Levocetirizin				
Levonorgestrel	Postinor, Levonorgestrel				
Lidocain	Xylocain, Lidocain				
Lisinopril	Zestril, Lisinopril				
Loperamid	Imodium, Loperamid				
Loratadin	Lisino, Loratadin				
Losartan	Lorzaar, Losartan				
L-Thyroxin	Euthyrox, L-Thyroxin				
Macrogol	Movicol, Macrogol				
Mercaptopurin	Puri-Nethol®		TPMT		TPMT-Defizienz: Myelosuppression
Metamizol	Novalgin®, Metamizol-ratiopharm®, Analgin®, Metapyrin®	CYP2C9	NAT2		NAT2 langsam: Agranulozytose-Risiko?
Metamizol	Novalgin, Metamizol				Primär über NAT2, aber oft noch ohne Routinetestung
Metformin	Glucophage, Metformin				





Wirkstoff / Toxin	Präparate / Quellen	Phase-I-Enzyme	Phase-II-Enzyme	Sonstige Gene	Klinische Relevanz
Methotrexat	Lantarel®, Metex®, Nordimet®, Methotrexat medac®			MTHFR, ABCG2	MTHFR: Toxizitätsrisiko ↑
Methotrexat	Lantarel, Methotrexat				Niedrig dosiert bei Rheuma
Metoclopramid	Paspertin, MCP				
Metoprolol	Beloc®, Metoprolol Succinate®, Metoprolol-Mepha®, Lopresor®	CYP2D6			CYP2D6-PM: Bradykardie, Hypotonie
Metronidazol	Flagyl, Clont				
Mirtazapin	Remergil®, Mirtazapin neuraxpharm®, Mirtazapin Sandoz®	CYP2D6, CYP3A4			Geringere CYP-Abhängigkeit als andere Antidepressiva
Mometason	Nasonex, Mometason				Nasal/topisch
Nilotinib	Tasigna®	CYP3A4			CYP3A4-Hemmer: QT-Zeit-Verlängerung Risiko ↑
Nitrosamine	Tabakrauch, Gepökeltes		GST-M1		CYP2A6-PM: Reduziertes Lungenkrebsrisiko
Nortriptylin	Nortrilen®, Nortrilen-Mepha®	CYP2D6			CYP2D6-PM: Spiegel ↑, Nebenwirkungen
Omeprazol	Antra®, Omeprazol-ratiopharm®, Omeprazol AL®	CYP2C19			CYP2C19-PM: Stark erhöhte Spiegel
Orlistat	Xenical, Orlistat				
Oxcarbazepin	Trileptal®, Oxcarbazepin Hexal®, Oxcarbazepin Sandoz®		UGT1A1		UGT1A1*28: Bilirubin ↑
Paclitaxel	Taxol®, Paclitaxel Accord®, Paclitaxel Hexal®, Paclitaxel medac®	CYP3A4			CYP2C8-PM: Neuropathie-Risiko ↑
Paliperidon	Invega, Paliperidon				Gering CYP2D6
Pantoprazol	Pantozol®, Pantoprazol-ratiopharm®, Controloc®	CYP2C19			Weniger CYP2C19-abhängig als Omeprazol
Pantoprazol	Pantozol, Pantoprazol				Geringere CYP2C19-Abhängigkeit
Paracetamol	Ben-u-ron, Paracetamol				
Paroxetin	Seroxat®, Paroxetin Hexal®, Paroxetin neuraxpharm®	CYP2D6			CYP2D6-PM: Spiegel ↑; starker CYP2D6-Inhibitor
Phenprocoumon	Marcumar®, Falithrom®	CYP2C9		VKORC1	CYP2C9/VKORC1: Dosisanpassung erforderlich
Phenytoin	Phenhydan®, Zentropil®, Phenytoin-Fagron®	CYP2C9	UGT1A1	HLA-B*15:02	CYP2C9-PM: Toxizität; HLA-B*15:02: SCAR-Risiko
Pimozid	Orap®	CYP2D6			CYP2D6-PM: QT-Verlängerung → Kontraindiziert
Polyzykl. aromat. Kohlenwasserst. (PAK)	Tabakrauch, Grillprodukte	CYP1A1, CYP1A2	GST-M1, GST-T1		GST-M1/T1 null: Lungenkrebsrisiko ↑, COPD
Prednisolon	Decortin, Prednisolon				
Pregabalin	Lyrica®, Pregabalin-ratiopharm®, Pregabalin-Generika				Keine relevante Pharmakogenetik bekannt
Prilocain	Citanest, Prilocain				
Procainamid	Pronestyl®		NAT2		NAT2 langsam: Lupus-ähnliches Syndrom
Procarbazin	Natulan®	CYP2C19			CYP2B6-PM: Wirkverlust?
Propafenon	Rytmonorm®, Propafenon Sandoz®, Propafenon Hexal®	CYP2D6			CYP2D6-PM: Kardiale Nebenwirkungen ↑
Quetiapin	Seroquel®, Quetiapin neuraxpharm®, Quetiapin Hexal®	CYP3A4			CYP3A4-Hemmer: Spiegel ↑ deutlich

Wirkstoff / Toxin	Präparate / Quellen	Phase-I-Enzyme	Phase-II-Enzyme	Sonstige Gene	Klinische Relevanz
Ramipril	Delix, Ramipril				
Rasburicase	Fasturtec®				G6PD-Mangel: Hämolyse
Risedronsäure	Actonel, Risedronsäure				
Risperidon	Risperdal®, Risperidon neuraxpharm®, Risperidon-Mepha®	CYP2D6			CYP2D6-PM: EPMS-Risiko ↑
Rivaroxaban	Xarelto®, Rivaroxaban-Generika	CYP3A4			Geringere CYP-Abhängigkeit als Warfarin
Rivaroxaban	Xarelto, Rivaroxaban				
Sertralin	Zoloft®, Sertralin ratiopharm®, Sertralin neuraxpharm®	CYP2C19, CYP2C9			CYP2C19-PM: Dosisreduktion erwägen
Simvastatin	Zocord®, Simvastatin ratiopharm®, Simvastatin Hexal®	CYP3A4		SLC01B1	SLC01B1: Myopathierisiko ↑
Sulfamethoxazol	Cotrimoxazol®-Generika	CYP2C9	NAT2		NAT2 langsam: Hypersensitivitätsreaktionen
Sulfasalazin	Azulfidine, Sulfasalazin				
Tacrolimus	Prograf®, Advagraf®, Envarsus®, Tacrolimus-Generika	CYP3A5, CYP3A4		MDR1	CYP3A5-Expresser: Höhere Dosis nötig
Tamoxifen	Nolvadex®, Tamoxifen Hexal®, Tamoxifen ratiopharm®	CYP2D6, CYP2C9			CYP2D6-PM: Wirkverlust → Therapiewechsel
Tamsulosin	Omnice, Tamsulosin				
Tegafur	UFT®				CYP2A6-PM: Reduzierte Aktivierung
Thioguanin	Lanvis®		TPMT		Wie Mercaptopurin
Thioridazin	Melleril®	CYP2D6			CYP2D6-PM: QT-Verlängerung → Kontraindiziert
Tizanidin	Sirdalud, Tizanidin				
Topiramat	Topamax, Topiramat				
Torasemid	Torem, Unat				
Tramadol	Tramal®, Tramabene®, Tramadol neuraxpharm®, Tramadol-Generika	CYP2D6			CYP2D6-UM: Serotonin-Syndrom; CYP2D6-PM: Wirkverlust
Trichlorethylen	Lösungsmittel		GST-T1		GST-T1 null: Nierentoxizität ↑
Valproat	Ergenyl®, Convulex®, Orfiril®, Depakine®, Valproat-Mepha®	CYP2C9, CYP2C19			UGT-Polymorphismen: Hepatotoxizitätsrisiko
Valsartan	Diovan, Valsartan				
Venlafaxin	Trevilor®, Venlafaxin Hexal®, Venlafaxin neuraxpharm®	CYP2D6			CYP2D6-PM: Wirkverlust; UM: Toxizitätsrisiko
Vincristin	Vincristin Teva®, Vincristin medac®	CYP3A4			ABCB1: Resistenz, Neurotoxizität
Vinylchlorid	Kunststoffproduktion		GST-T1		GST-T1 null: Leberangiosarkom-Risiko ↑
Voriconazol	Vfend®, Voriconazol-Generika	CYP2C19			CYP2C19-PM: Spiegel ↑; UM: Spiegel ↓
Warfarin	Coumadin®, Marevan®	CYP2C9, CYP2C19		VKORC1	CYP2C9/VKORC1: Dosisanpassung zwingend
Zuclopenthixol	Cisordinol®, Clopixol®	CYP2D6			CYP2D6-PM: EPMS-Risiko ↑