
**4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate,
deren Herstellung und deren Verwendung als antivirale Wirkstoffe**

Beschreibung

Die Erfindung betrifft neuartige 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate und deren Verwendung als antivirale Wirkstoffe, vorzugsweise zur Behandlung von Picornavirusinfektionen.

Picornaviren, insbesondere Entero- und Rhinoviren, sind für ein breites Spektrum von Erkrankungen beim Menschen verantwortlich. Zu den Enteroviren gehören mehr als 60 verschiedene humanpathogene Serotypen (Melnick J in: Fields B et al., editors. Virology. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1996, 655-712). Enterovirus-, Echovirus-, Coxsackievirus A- und B-Infektionen verlaufen oftmals mit unspezifischem Fieber und rufen Erkrankungen des oberen Respirationstraktes hervor, die sich häufig nicht von Rhinovirusinfektionen unterscheiden lassen. Zu den schwereren Krankheitsbildern, die auch epidemisch auftreten können, gehören die hämorrhagische Konjunktivitis, Herpangina, Hand-Fuß-Mund-Krankheit, aseptische Meningitis, Enzephalitis und akute Myokarditis. Dabei können verschiedene Virustypen gleiche Symptome bzw. ein Virustyp ganz unterschiedliche Krankheitsbilder herbeiführen. Mit der Einführung moderner und sensitiver Methoden in die Virusdiagnostik gelang der Nachweis persistierender enteroviraler RNA sowie von Virusproteinen im Zusammenhang mit chronischen Erkrankungen wie z. B. dem Typ II Diabetes, Poliomyositis und vor allem der chronischen Myokarditis. Persistierende Enterovirusinfektionen kommen auch bei Patienten mit Agammaglobulinämie vor und äußern sich hierbei als persistierende Enterovirus-Meningoenzephalitis. Als Begleiterscheinungen traten häufig eine Dermatomyositis oder Polymyositis auf. Zu den Rhinoviren gehören ca. 100 Serotypen. Rhinovirusinfektionen verursachen mehr als die Hälfte aller respiratorischen Erkrankungen des obe-

ren Respirationstraktes beim Menschen (Couch RB in: Fields BM et al., editors: Fields Virology, 3rd edition. Lippincott-Raven, Philadelphia, 1996, 713-35). Bei einer mittleren Krankheitsdauer von ca. 10 Tagen führen diese meist harmlos verlaufenden Erkältungen jährlich zu millionenfachen Arztbesuchen, Arbeits- und Schulausfällen. Als Komplikationen können eine Otitis media, Sinusitis, Exazerbation von Asthma und zystischer Fibrose sowie Infekte des unteren Respirationstraktes vor allem bei Kleinkindern, älteren Patienten und immunsupprimierten Patienten auftreten. Auf Grund der Typenvielfalt ist eine Impfprophylaxe zurzeit nicht möglich. Bedingt durch die mit diesen Erkrankungen verbundenen Arbeitsausfälle, Arztbesuche und Medikamente verursachen Rhino- und Enteroviren jährlich enorme Kosten. Die Behandlung dieser Virusinfektionen erfolgt bisher symptombezogen, da keine virusspezifischen Therapeutika zur Verfügung stehen (Rotbart HA: Antiviral Res 2002, 53(2), 83-98). Zudem werden häufig unnütz Antibiotika verordnet. Die Entwicklung von neuen Virustatika ist deshalb unbedingt notwendig.

Die Ergebnisse der intensiven Suche nach Behandlungsmöglichkeiten von Enterovirus- und Rhinovirus-Infektionen wurden von Rotbart 2002 in einem Übersichtsartikel zusammengefasst (Rotbart HA: Antiviral Res 2002, 53(2), 83-98). Beispielsweise hemmt Ribavirin ein Wirtszellenzym, die Inosin 5'-Monophosphat (IMP)-Dehydrogenase. Durch die Ausschaltung dieses Schlüsselenzyms für die Synthese von Purinnukleotiden, lässt sich die Replikation von Picornaviren *in vitro* und *in vivo* hemmen. Ribavirin soll außerdem direkt in das Genom von Polioviren eingebaut werden und dadurch zusätzlich als Mutagen für RNA-Viren wirken (Crotty S et al.: Nat Med, 2000, 6(12), 1375-9). Wegen starker Nebenwirkungen werden diese Verbindungen nicht zur Behandlung von Rhino- und Enterovirusinfektionen eingesetzt. Spezifische Targets zur Hemmung der viralen RNA-Synthese stellen das Genom an sich, die virale RNA-abhängige RNA-Polymerase sowie weitere für den Replikationskomplex notwendige virale Proteine dar. Guanidine, Thiosemicarbazone, Benzimidazole, Dipyridamole und Flavone sind seit langem als Inhibitoren der Polymerasen von verschiedenen Picornaviren in der Zellkultur bekannt. Sehr unterschiedliche Erfolge wurden damit *in vivo* erzielt. Als aussichtsreichster Kandidat mit breiter anti-Enterovirus- und anti-Rhinovirus-Aktivität gelten Enviroximderivate. Enviroxim verhindert die Synthese von Plusstrang RNA durch Bindung an das Virusprotein 3A, welches zur Bildung von RNA- Intermediaten bei der Virusvermehrung notwendig ist (Heinz BA und Vance LM: J Virol, 1995, 69(7), 4189-97). In klinischen Studien wurden moderate oder keine therapeutische Wirkungen, eine schlechte Pharmakokinetik und unerwünschte Nebenwirkungen festgestellt (Miller FD et al.: Antimicrob Agents Chemother, 1985, 27(1), 102-6). Von neueren Derivaten mit besserer Bioverfügbarkeit und Verträglichkeit liegen bisher keine klinischen Daten vor.

Basierend auf dem Wissen der Feinstruktur und Funktion der viralen Protease 2C wurde der Proteaseinhibitor AG 7088 entwickelt. AG 7088 wirkt in der Zellkultur im nanomolaren Konzentrationsbereich gegen 48 Rhinovirustypen sowie Coxsackievirus A21, B3, Enterovirus 70 und Echovi-

rus 11 (Pattick AK et al.: *Antimicrob Agents Chemother*, 1999, 43(10), 2444-50). Bisher sind die abschließenden Daten der klinischen Studien nicht bekannt.

Mit der Aufklärung der molekularen Struktur der viralen Kapside wurden die Voraussetzungen für ein zielgerichtetes Design von Kapsidblockern, den "WIN-Substanzen", geschaffen (Diana GD: *Curr Med Chem* 2003, 2, 1-12). Sie verhindern die Adsorption und/oder das Uncoating von Rhino- und Enteroviren. Einige der WIN-Substanzen wirken hochspezifisch nur gegen einzelne Gattungen oder Virustypen der Picornaviren. Andere Derivate hemmen die Vermehrung von Rhinoviren auch Enteroviren. Zu den WIN-Substanzen gehören z. B. Arildone, Disoxaril und Pirodavir. Diese Verbindungen zeigten sehr gute antivirale Wirkungen in der Zellkultur. Eine schlechte Löslichkeit (Arildone), niedrige Bioverfügbarkeit (Arildone und Disoxaril), schnelle Metabolisierung und Ausscheidung (Disoxaril und WIN 54954) sowie Nebenwirkungen, wie beispielsweise Hautausschlag (WIN 54954), machten eine klinische Anwendung unmöglich. Große Hoffnungen wurden auf Pleconaril, einen weiteren Kapsidblocker, gesetzt. Pleconaril besitzt eine sehr gute orale Bioverfügbarkeit und hemmt nach seiner Bindung in die hydrophobe Tasche im Viruskapsid die Penetration von Rhino-, Echo- und Coxsackieviren (Pevear DC et al.: *Antimicrob Agents Chemother* 1999, 43(9), 2109-15; McKinlay MA et al.: *Annu Rev Microbiol* 1992, 46, 635-54). Dadurch ist es potenziell wirksam gegen ein breites Spektrum von Viruserkrankungen, von der gewöhnlichen Erkältung bis hin zur viralen Meningitis oder Myokarditis. Resistenzen wurden bei Rhinoviren, Enterovirus 71 und Coxsackievirus B3 beobachtet (Ledford RM et al.: *J Virol* 2004, 78(7), 3663-74; Groarke JM et al.: *J Infect Dis* 1999, 179(6), 1538-41). Klinische Studien bei Kindern und Erwachsenen mit einer Enterovirusmeningitis (Abzug MJ et al.: *Pediatr Infect Dis J*, 2003, 22, 335-41) sowie Rhinovirus-verursachten respiratorischen Infektionen (Hayden FG et al.: *Antivir Ther*, 2002, 7, 53-65; Hayden FG et al.: *Clin Infect Dis*, 2003, 36, 1523-32) verliefen positiv. Die nachgewiesene therapeutische Wirkung reichte jedoch nicht für die Zulassung von Pleconaril (Picovir, Viropharma, USA) zur Behandlung von Rhinovirusinfektionen in den USA. Im März 2002 wurde ein entsprechender Antrag von der Nahrungs- und Arzneimittel-Behörde (Food and Drug Administration: FDA) wegen einer ungünstigen Nutzen-Risiko-Bewertung abgelehnt.

Es sind auch Pyrazolopyrimidine als CRF-Antagonisten (Corticotropin-Releasing Factor Antagonisten) beschrieben (z. B. EP 674 642 und EP 691 128), welche beispielsweise die Adenosinkinase (EP 496 617 oder US 4,904,666), die Xanthinoxigenase (J. Heterocyc. Chem. 19, 1565, 1982) oder andere Enzymsysteme (US 2,965,643 und US 3,600,389) hemmen.

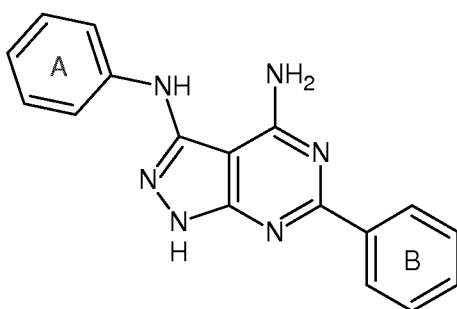
Somit besteht weiterhin als eine dringliche Aufgabe der antiviralen Forschung die Entwicklung hocheffektiver Virustatika zur Behandlung von Rhino- und Enteroviruserkrankungen. Die neuen Verbindungen sollten gut verträglich sein und existierende Resistenzen, z. B. gegenüber Pleconaril, überwinden.

WO 00/43394 A offenbart substituierte Pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate und deren Verwendung als antivirale Wirkstoffe.

Auch EP 2 049 540 offenbart 4-Amino-3-arylamino-6-arylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate und deren Verwendung als antivirale Wirkstoffe.

Aufgabe der Erfindung ist es, weitere Pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate sowie deren Herstellung und Verwendung anzugeben, welche als antivirale Wirkstoffe gegenüber Enteroviren und Rhinoviren einsetzbar sind sowie die angegebenen Nachteile des Standes der Technik zum Beispiel hinsichtlich Stabilität und Bioverfügbarkeit der Substanzen vermeiden.

Gelöst wird diese Aufgabe durch spezifisch substituierte 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate der allgemeinen Formel I, einschließlich ihrer pharmazeutisch verträglichen Salzverbindungen und ihrer Pro-Pharmaka,



I

wobei zumindest ein Wasserstoffatom in zumindest einer der Phenylgruppen A und B durch einen Substituenten R^H ersetzt ist, der eine Hammett-Konstante σ_p größer als 0,23 aufweist,

wobei jedes weitere Wasserstoffatom in jeder der Phenylgruppen A und B unabhängig voneinander ersetzt sein kann durch einen Rest R^1 , wobei

- jedes R^1 unabhängig ein Halogen, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes aliphatisches Radikal mit 1-7 Kettengliedern, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes alkanolisches Radikal mit 1-8 Kettengliedern, NO_2 , CN , $CONR^2$, COR^2 , $COOR^2$, OR^2 , SR^2 , NR^2 , SO_2NR^2 , CX_3 , CR^2X_2 , OCX_3 , OCR^2X_2 , oder Phenyl sein kann;
- jedes R^2 unabhängig Wasserstoff, ein gesättigtes oder ungesättigtes, halogeniertes oder nicht halogeniertes, lineares oder verzweigtes aliphatisches Radikal mit 1-7 Kettengliedern, Benzyl, Phenyl oder Naphthyl, ein gesättigter oder ungesättigter, Mono- oder Polyheterozyklus mit den Heteroatomen N, S oder O ist, wobei jede der vorstehenden genannten Gruppen un-

abhängig mit Fluor, Chlor, Brom, Trifluormethyl, Alkyl, Alkoxy, Cyano, Nitro, Amino, Aminoalkyl, C(O)-Alkyl, C(O)O-Alkyl, Benzyl, Phenyl oder Naphtyl substituiert sein kann; und

X unabhängig F, Cl, Br, oder I ist.

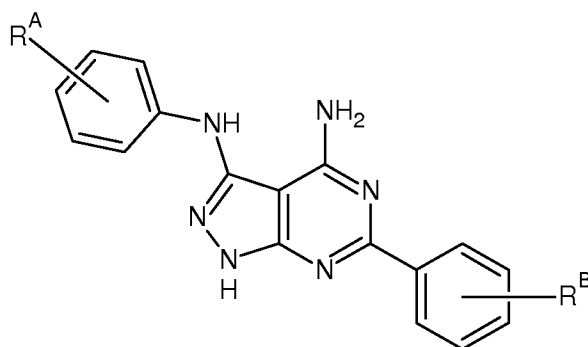
In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausführungen der spezifisch substituierten 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate sowie Anwendungsmöglichkeiten ausgeführt, ohne die Erfindung jeweils darauf zu beschränken.

Vorteilhaft sind 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate der allgemeinen Formel I, wobei zumindest ein Wasserstoffatom in zumindest einer der Phenylgruppen A und B durch einen Substituenten R^H ersetzt ist, ausgewählt aus NO_2 , CN , CF_3 , CCl_3 , CBr_3 , OCF_3 , OCCl_3 , OCBr_3 , CHF_2 , CHCl_2 , CHBr_2 , OCHCl_2 , CHO , COOH , COMe , COEt , COOMe oder COOEt , bevorzugt CF_3 oder OCF_3 . Vorteilhaft sind in einer oder beiden Phenylgruppen A und B ein, zwei oder drei Wasserstoffatome durch einen Substituenten R^H ersetzt. In einer speziellen Ausführungsform ist genau ein Wasserstoffatom in einer der Phenylgruppen A und B durch einen Substituenten R^H ersetzt. Der Substituent R^H kann sich in para-Position des Phenylrings A oder B befinden.

Zusätzlich zu R^H kann jede der Phenylgruppen A und B unabhängig voneinander weitere Reste R^1 tragen. Vorzugsweise tragen die Phenylgruppen A und B unabhängig voneinander keinen, einen, zwei oder drei weitere Reste R^1 , bevorzugt keinen oder einen weiteren Rest R^1 .

Als Alkyle kommen im Zusammenhang mit der Erfindung insbesondere lineare oder verzweigte C_{1-7} -Alkyle, zum Beispiel Methyl, Ethyl, n-Propyl, i-Propyl und Butyl infrage. Entsprechendes gilt für Alkanole, Alkylamine und Alkylamide im Zusammenhang mit der Erfindung.

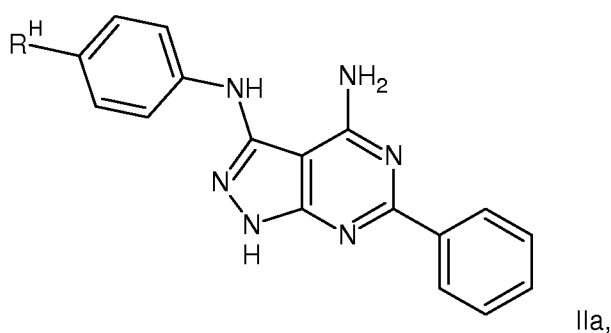
Umfasst sind von der Erfindung insbesondere 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate der allgemeinen Formel II



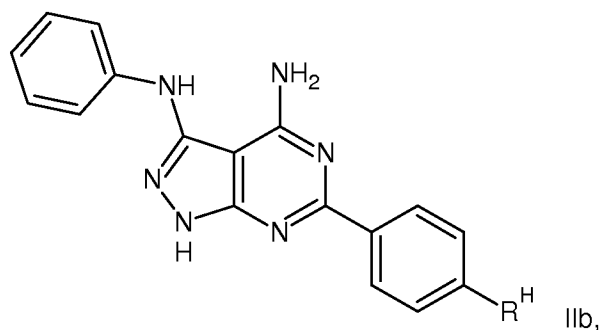
II

wobei jeder Substituent R^A , R^B unabhängig Wasserstoff, ein Halogen, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes aliphatisches Radikal mit 1-7 Kettengliedern, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes alkanolisches Radikal mit 1-8 Kettengliedern, NO_2 , CN , $CONR^2$, COR^2 , $COOR^2$, OR^2 , SR^2 , NR^2 , SO_2NR^2 , CX_3 , CR^2X_2 , OCX_3 , OCR^2X_2 , oder Phenyl sein kann; und R^2 und X wie oben definiert sind; wobei zumindest einer der Substituenten R^A , R^B eine Hammett-Konstante σ_p größer 0,23 aufweist.

Die Erfindung umfasst insbesondere 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate der allgemeinen Formel IIa



oder IIb



wobei R^H ausgewählt ist aus NO_2 , CN , CF_3 , CCl_3 , CBr_3 , OCF_3 , $OCCl_3$, $OCBr_3$, CHF_2 , $CHCl_2$, $CHBr_2$, $OCHCl_2$, CHO , $COOH$, $COMe$, $COEt$, $COOMe$ oder $COOEt$ ist, bevorzugt CF_3 oder OCF_3 .

Ebenfalls umfasst sind pharmazeutische Zusammensetzungen, die ein 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivat gemäß der allgemeinen Formeln I, II, IIa oder IIb enthalten. Solche pharmazeutischen Zusammensetzungen können weitere Substanzen enthalten, beispielsweise pharmazeutisch akzeptable Hilfsstoffe und Träger. In einem besonderen Aspekt können die pharmazeutischen Zusammensetzungen weitere Wirkstoffe umfassen, insbesondere antivirale Wirkstoffe, vor allem Wirkstoffe gegen Picornaviren.

Es hat sich überraschend gezeigt, dass die erfindungsgemäßen 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate über eine deutlich verbesserte Stabilität in Lebermikrosomen gegenüber den Substanzen des Standes der Technik verfügen. Darüber hinaus haben Untersuchungen zur Pharmakokinetik in der Maus ergeben, dass die erfindungsgemäßen 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate eine deutlich bessere Bioverfügbarkeit aufweisen als Substanzen des Standes der Technik. Gleichzeitig zeigen die Verbindungen der vorliegenden Erfindung eine starke antivirale Aktivität gegenüber Picornaviren, insbesondere Entero- und Rhinoviren im nano- bzw. mikromolaren Konzentrationsbereich.

Daher sind die pharmazeutischen Zubereitungen, die eine Verbindung der Formeln I, II, IIa oder IIb enthalten, besonders geeignet für die Behandlung von respiratorischen Infekten, der aseptischen Meningitis, der Enzephalitis, Herpangina usw. bei Mensch und Tier, die von Picornaviren insbesondere Entero- und Rhinoviren hervorgerufen werden können.

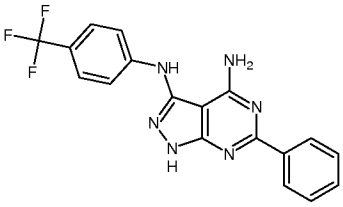
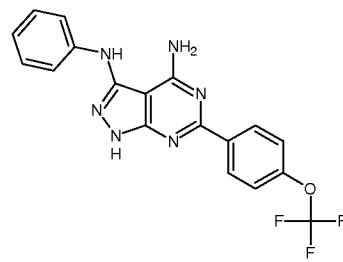
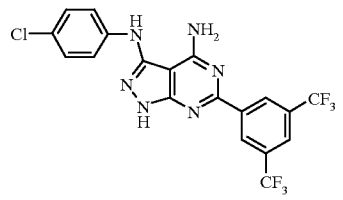
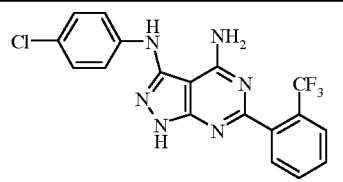
Die 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate zeichnen sich dadurch aus, dass sie an einer oder an beiden Phenylgruppen mindestens einen Substituenten R^H tragen, der eine Hammett-Konstante σ_p größer als 0,23 aufweist. Dieser Wert 0,23 entspricht der Hammett-Konstante σ_p des Broms, das unter den Halogenen die höchste Hammett-Konstante für die para-Position zeigt.

Die Bestimmung der Hammett-Konstanten für verschiedene Substituenten basiert auf den Ionisierungskonstanten der Benzoesäure gemäß der Hammett-Gleichung

$$\sigma_x = \log K_x - \log K_H$$

wobei K_H die Ionisierungskonstante für Benzoesäure in Wasser bei 25 °C ist und K_x die korrespondierende Konstante für eine meta- oder para-substituierte Benzoesäure ist. Ein Verfahren zur Bestimmung der Hammett-Konstante für verschiedene Substituenten in meta- (σ_m) und para-Position (σ_p) sowie bereits ermittelte Werte einer Vielzahl von Substituenten können der Veröffentlichung von Hansch et al., „A Survey of Hammett Substituent Constants and Resonance and Field Parameters“, in Chem. Rev. 1991. 97, 165-195, entnommen werden, die hierin in ihrer Gesamtheit eingearbeitet ist. Für die vorliegende Erfindung von Bedeutung ist dabei jeweils ausschließlich der Wert σ für die para-Position (σ_p), unabhängig davon, an welcher Position sich der zumindest eine Substituent R^H letztlich befindet.

Beispiele der Erfindung sind Verbindungen der Tabelle 1, einschließlich ihrer pharmazeutisch verträglichen Salzverbindungen.

Verb.	Formel	Lösungsmittel für Kristallisati- on	Schmelz- punkt °C	Brutto- formel	MS EI (m / z) (M ⁺)	Analyse Berechnet (B) % Gefunden (G) %	¹ H NMR (DMSO-d ₆) δ, ppm
CRCV- 340		THF, Toluol	-	C ₁₈ H ₁₃ F ₃ N ₆	370.3312	B: C 58.3; H 3.54; N 22.69	-
MS-112		EtOH	-	C ₁₈ H ₁₃ F ₃ N ₆ O	386.3306	B: C 55.96; H 3.39; N 21.75	-
MS-115		DMF/EtOH	272-74	C ₁₉ H ₁₁ Cl F ₆ N ₆	472.7831	B: C 48.27; H 2.35; N 17.78 G: C 48.31; H 2.50; N 17.64	-
MS-116		Aktivkohle, EtOH	271-73	C ₁₈ H ₁₂ Cl F ₃ N ₆	404.7847	B: C 53.41; H 2.99; N 20.76 G: C 53.49; H 3.14; N 20.61	13.10 (1H, br.s., NH), 8.84 (1H, d, CH), 8.55 (1H, br.s., NH), 7.01-8.02 (9H, br.m, NH ₂ , 7CH)

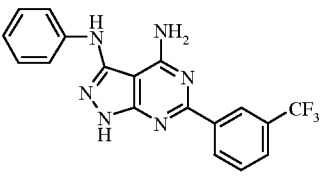
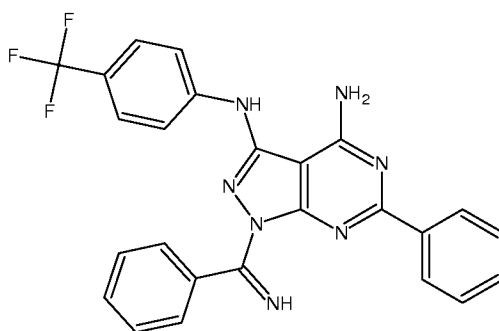
MS-117	 <chem>Nc1nc2c(ncn2N1c3ccccc3)c4ccc(C(F)(F)F)cc4</chem>	EtOH	230-32	C ₁₈ H ₁₃ F ₃ N ₆	370.3397	B: C 58.38; H 3.54; N 22.69 G: C 58.61; H 3.67; N 22.45	-
--------	--	------	--------	--	----------	--	---

Tabelle 1

Ebenfalls umfasst sind Pro-Pharmaka (Prodrugs) der Verbindungen, insbesondere jene, die sich durch einen Substituenten am Pyrazol-Heteroatom in Position 1 auszeichnen. Es hat sich gezeigt, dass derartige Verbindungen *in vivo* zur 1H Pyrazol-Verbindung umgesetzt werden. Beispielhalber erwähnt seien Verbindungen, bei denen das Pyrazol-Heteroatom in Position 1 durch einen Imino(phenyl)methyl-Substituenten substituiert ist, wie beispielsweise 1-[Imino(phenyl)methyl]-4-amino-3-(4-trifluormethyl-phenyl)amino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin, auch bezeichnet mit dem IUPAC Namen 1-Benzylcarboximidoyl-6-phenyl-3-N-[4-(trifluormethyl)phenyl]-1H-pyrazolo[3,4-d]-pyrimidin-3,4-diamin. Hierbei handelt es sich um ein Nebenprodukt bei der Herstellung der oben bezeichneten Verbindung CRCV-340, das aus der Reaktion der Verbindung CRCV-340 mit einem Überschuss an Benzamidin in der Reaktionsmischung resultiert und folgende Formel aufweist:



CRCV-340-Prodrug

Es wurde gefunden, dass diese Verbindungen (z.B. CRCV-340-Prodrug) *in vivo* sehr leicht zur Zielverbindung umgesetzt werden, derart dass im Serum im Wesentlichen nur noch der letztendliche Wirkstoff (z.B. CRCV-340) nachgewiesen werden kann. Weiterhin umfasst sind die aus den vorstehenden Verbindungen hergestellten Salze, Solvate oder Solvate der Salze. Als Salze sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung physiologisch unbedenkliche Salze der erfindungsgemäßen Verbindungen bevorzugt. Physiologisch unbedenkliche Salze der erfindungsgemäßen Verbindung umfassen Additionssalze von Mineralsäuren, Carbonsäuren und Sulfonsäuren, z.B. Salze der Chlorwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Methansulfonsäure, Ethansulfonsäure, Toluolsulfonsäure, Benzolsulfonsäure, Naphthalinsulfonsäure, Essigsäure, Trifluoressigsäure, Propionsäure, Milchsäure, Weinsäure, Äpfelsäure, Citronensäure, Fumarsäure, Maleinsäure und Benzoessäure.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Syntheseverfahren, speziellen 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivaten der allgemeinen Formel (I) sowie deren Wirkung und Anwendung gegen Picornavirusinfektionen näher erläutert werden.

Abb. 1 zeigt ein allgemeines Schema zur Synthese von Pyrazolo[3,4-d]Pyrimidin 1 und schließt im ersten Schritt die Kondensation von [Bis(methylthio)methylen]malononitril 2 mit Phenylaminen 3 in Alkohol zu Phenylderivaten 4 ein. Letztere können jeweils isoliert und für weitere Reaktionen aufgereinigt werden oder direkt ohne Aufreinigung für nachfolgende Reaktion verwendet werden ("one-pot" Reaktion). Der darauf folgende Schritt besteht in der Wechselwirkung des Phenylderivats 4 mit Hydrazin oder Hydrazinderivaten. Die Reaktion verläuft unter Kochen über 1 bis 4 Stunden und führt zu einer hohen Ausbeute an Pyrazol 5. Der abschließende Schritt der Synthese von Pyrazolo [3,4-d]Pyrimidin 1 besteht in der Kondensation des Pyrazol 5 mit Phenylamidi-
nen 6 in Gegenwart von Essigsäure, Trifluoressigsäure oder Natriumacetat.

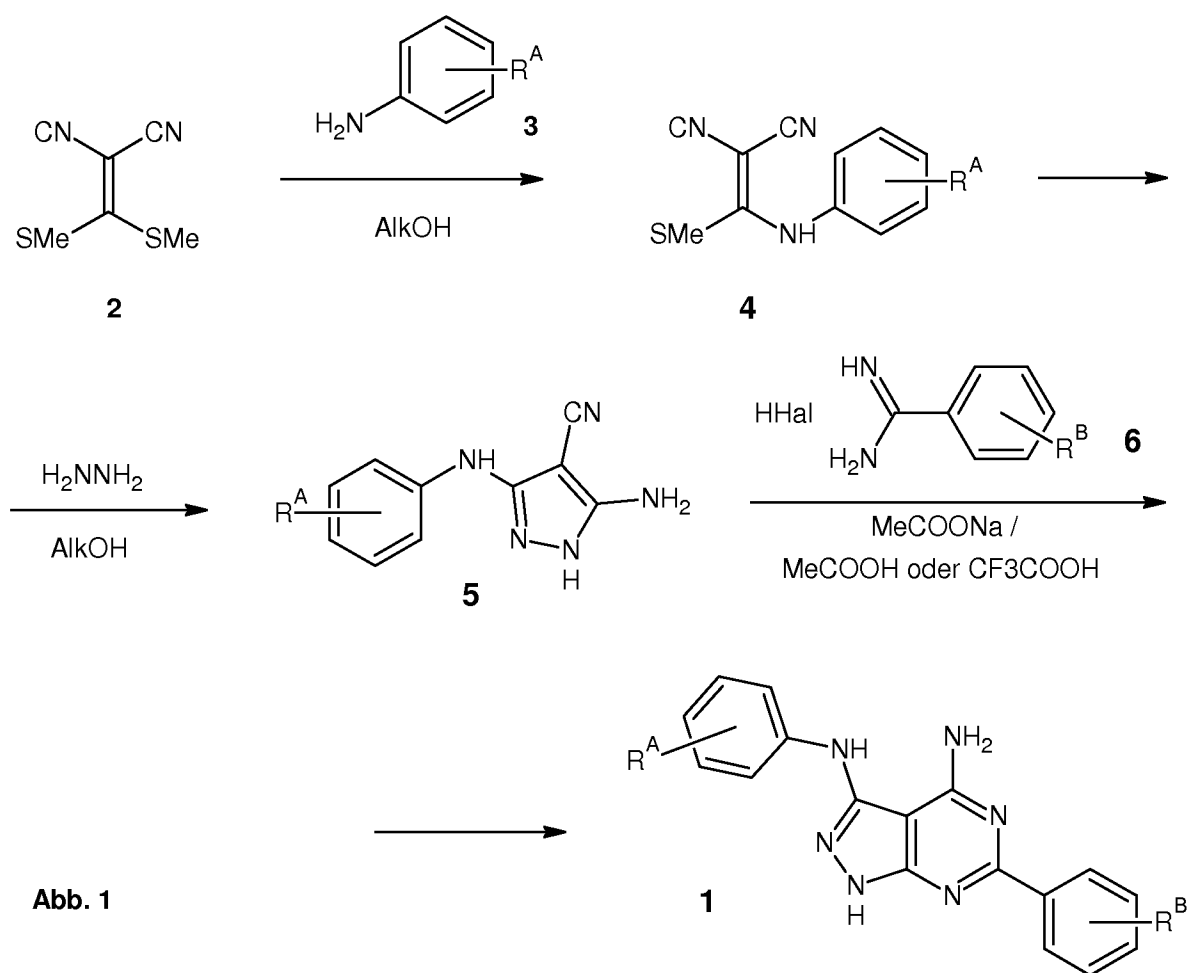


Abb. 1

Die Verbindungen können vorteilhaft dadurch erhalten werden, dass das Pyrazol (5) im letzten Syntheseschritt mit korrespondierendem Benzamidinhydrochlorid in der Anwesenheit eines Überschusses an Natriumacetat bei 200-220 °C in Abwesenheit von Lösungsmittel umgesetzt wird.

Alternativ können die Verbindungen dadurch erhalten werden, dass das Pyrazol (5) im letzten Syntheseschritt mit korrespondierendem Benzonitril (in großem Überschuss) unter Mikrowellenbestrahlung und unter Anwesenheit von Kalium-*tert*-butylat umgesetzt wird.

Eine alternative Synthesemethode besteht in der "one-pot" Reaktion von Malononitril mit Arylthioisocyanaten in Anwesenheit von Natriumhydrid und einer nachfolgenden Behandlung des Reaktionsgemisches mit Jodmethyl oder Dimethylsulfat. Dabei werden große Mengen an Enaminen gebildet. Auch hier ist wiederum die Kondensation von Pyrazol 5 mit Arylamidinen 6 in Gegenwart von Säure, wie Essigsäure oder Trifluoressigsäure, bzw. deren Salzen (Acetat) der abschließende Syntheseschritt zur Herstellung von Pyrazolo[3,4-d]Pyrimidin 1.

Es hat sich gezeigt, dass die Umsetzung des Pyrazols (5) zum Pyrazolo[3,4-d]Pyrimidin mit besonders hohen Ausbeuten durchgeführt werden kann, indem die Benzamidin-Komponente als freie Base verwendet und die Reaktion in polaren Lösungsmitteln durchgeführt wird. Ein Vorteil dieses Vorgehens besteht zusätzlich darin, dass der Anteil schwer abtrennbarer Nebenprodukte minimiert werden kann. Diese Reaktion lässt sich, ausgehend von substituierten 5-Amino-4-cyano-3-phenylamino-Pyrazolen (5) mit optional substituierten Benzamidinen als freie Base (6) zu 4-Amino-3-(phenylamino)-6-phenylpyrazolo[3,4-d]Pyrimidin (1) gemäß dem folgenden Reaktionsschema durchführen.

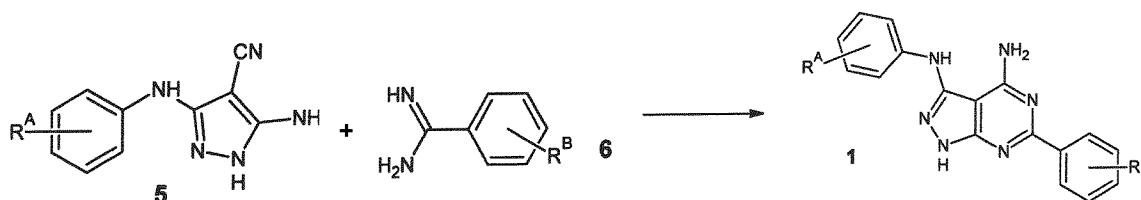


Abb. 2

Die Reste R^A und R^B sind Substituenten, wie sie vorstehend für R¹ definiert sind.

Während sich die wie vorstehend beschriebene Umsetzung insbesondere für die Herstellung von 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivaten der vorstehenden allgemeinen Formel (I) eignet, wobei mindestens ein Wasserstoffatom in mindestens einer der Phenylgruppen A und B durch einen Substituenten R^H ersetzt ist, der eine Hammett-Konstante $\sigma_p > 0,23$ aufweist, kann das Verfahren ebenso für die Herstellung von 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidinen, die keinen solchen Substituenten aufweisen, d.h. in denen dieser Rest Wasserstoff oder einen Rest R¹, wie er vorstehend im Zusammenhang mit der Formel I definiert ist, darstellt.

Bevorzugt betrifft die vorliegende Erfindung auch Reaktionen, wie vorstehend beschrieben, indem die Reste R^A und R^B voneinander unabhängig aus NO_2 , CN , CONR^3_2 , COOR^3 , CHO , CHONH_2 , einem Halogen, einem ungesättigten oder gesättigten linearen oder verzweigten aliphatischen Radikal (Alkylgruppe genannt) mit 1 bis 6 Kettengliedern, einem gesättigten oder ungesättigten linearen oder verzweigten Alkanolradikal (auch Alkoxygruppe genannt) mit 1 bis 6 Kettengliedern, OR^3 , SR^3 , NR^3_2 , SO_2NR^3 , Di- oder Trifluormethyl ausgewählt sein können und der Rest R^3 aus H, Methyl-, Ethyl-, Propyl- oder Butylgruppen bestehen kann. Sofern die erfindungsgemäßen Verbindungen in tautomeren Formen vorkommen können, umfasst die vorliegende Erfindung sämtliche tautomere Formen.

Die im vorstehenden Absatz genannten Substituenten haben, soweit nicht anders spezifiziert, die folgende Bedeutung:

Alkyl sowie die Alkylteile in Alkoxy stehen für geradkettige oder verzweigte Alkyle und umfassen, wenn nicht anders angegeben, (C1-C6)-Alkyl, insbesondere (C1-C4)-Alkyl, wie z.B. Methyl, Ethyl, Propyl, Isopropyl, Butyl, Isobutyl. Alkoxy steht vorzugsweise für einen geradkettigen oder verzweigten Alkoxyrest, insbesondere mit 1 bis 6, besonders bevorzugt 1 bis 4 und am meisten bevorzugt 1 bis 3 Kohlenstoffatomen. Beispielhaft und vorzugsweise seien genannt Methoxy, Ethoxy, N-Propoxy, Isopropoxy, t-Butoxy, n-Pentoxy und n-Hexoxy. Aryl steht für einen mono- bis tricyclischen aromatischen, carbocyclischen Rest mit in der Regel 6 bis 14 Kohlenstoffatomen. Beispielhaft und vorzugsweise ist Aryl ausgewählt aus Phenyl, Naphthyl und Phenantrenyl, besonders bevorzugt Phenyl. Halogen steht für Fluor, Chlor, Brom und Jod, bevorzugt Fluor und Chlor.

Es ist auch möglich mit diesem Verfahren allgemein Arylpyrazolo[3,4d]pyrimidin-Derivate herzustellen, wobei in diesem Fall das Phenylamidin 6 durch ein entsprechendes Arylamidin zu ersetzen ist. Insbesondere können anstelle der Phenylringe A und B auch Naphthyl, Pyridyl, Chinolyl, Pyrazinyl, Pyrimidyl, Pyrazolyl, Triazinyl, Imidazolyl, Furanyl, Thienyl im Endprodukt enthalten sein, wobei jedes Wassertstoffatom in jeder der vorstehend genannten Gruppe unabhängig voneinander durch einen Rest R^1 , wie er vorstehend im Zusammenhang mit der Formel I definiert ist, ersetzt sein kann. Ein solches Verfahren ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Die in Abb. 2 gezeigte Reaktion wird in inerten, polaren organischen Lösungsmitteln durchgeführt. Inerte polare organische Lösungsmittel sind beispielsweise Ether wie Diethylether, Methyl-tert.-butylether, 1,2-Dimethoxyethan, Glycoldiethylether oder Diethylen glycoldimethylether, cyclische Ether, wie Dioxan, Tetrahydrofuran, Kohlenwasserstoffe, wie Ethylbenzol, Xylol, Toluol oder Alkohole, wie Ethanol, Propanol, Butanol, Isobutanol und Isopropanol. Besonders reine Produkte werden bei Verwendung von n-Butanol als Lösungsmittel erhalten. n-Butanol ist vorzugsweise in

einem Molverhältnis von 1 bis 10, besonders bevorzugt 1,5 bis 3, bezogen auf den Anfangswert des Pyrazolderivats, einzusetzen.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat es sich als besonders zweckmäßig herausgestellt, wenn die Benzamidine (6) in Grundform (als freier Basen) frisch zubereitet werden. Die Synthese erfolgt mit üblichen Methoden aus dem entsprechenden verfügbaren Salz. Es ist am besten, Benzamidine (6) in einem Molverhältnis 1 bis 1,5, ausgehend von den Pyrazolderivaten (5) einzusetzen.

Die Reaktion wird bei einer Temperatur von 60 bis 110°C, vorzugsweise 85 bis 95°C, im Laufe von 10-30 Stunden, vorzugsweise 18-20 Stunden, durchgeführt.

Die Reinigung der so erhaltenen Amino-3-(phenylamino)-6-phenylpyrazolo[3,4-d]Pyrimidine (1) erfolgt durch Umkristallisation. Hierfür wird vorzugsweise Tetrahydrofuran oder ein Gemisch von Tetrahydrofuran mit Wasser oder einem organischen Lösungsmittel, besonders bevorzugt mit Toluol verwendet. Alternativ dazu kann das Amino-3-(phenylamino)-6-phenylpyrazolo[3,4-d]Pyrimidin auch durch Ausfällen aus einer heißen Lösung in Tetrahydrofuran mit Wasser oder einem organischen Lösungsmittel, bevorzugt mit Toluol, gereinigt werden.

In den nachfolgenden Beispielen sind spezielle Verbindungen der allgemeinen Formel (I) aufgelistet, welche bevorzugt für Anwendungen gegen Picornavirusinfektionen geeignet sind, wobei die Verbindungen in einer Lösung oder einer Suspension in einem pharmazeutisch akzeptablen wässrigen, organischen oder wässrig-organischen Medium für die lokale oder parenterale Anwendung durch intravenöse, subkutane oder intramuskuläre Injektion oder für die intranasale Verabreichung zubereitbar ist, oder sie sind in Form einer Tablette, Kapsel bzw. wässrigen Suspension mit konventionellem Träger für die orale Verabreichung oder als Suppositorium ausgebildet.

Die vorgestellten Verbindungen der Formel (I) können dabei in Dosierungen von 0,1 bis 1000 mg/kg Körpergewicht verwendet werden.

Herstellung und Analyse der 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate

Die Strukturaufklärung der erfindungsgemäßen Verbindungen erfolgte durch die Art der Synthese, Elementaranalysen, NMR - und Massenspektroskopie.

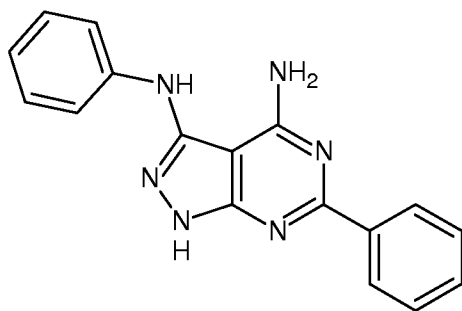
Ausgangsmaterialien:

Die 5-Amino-4-cyano-3-phenylaminopyrazole wurden gemäß dem in Abb. 1 dargestellten Verfahren sowie nach der Beschreibung von Tominaga Y et al. (J. Heterocycl. Chem., 1990, 27, 775-779), synthetisiert. Arylamidine werden gemäß dem bekannten Stand der Technik aus den entsprechenden Cyan-Ausgangsverbindungen synthetisiert (Boere, RT et al.: J. Organomet. Chem., 1987, 331, 161-167; Garigipati RS: Tetrahedron Lett., 1990, 31, 1969-1978; Dann O et al.: Justus Liebigs Ann. Chem., 1982, 1836-1839).

Referenzbeispiel 1: 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo [3,4-d] pyrimidin

(3-N,6-diphenyl-2H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-3,4-diamin)

Unter Rühren werden zu 2,3 g (11,5 mmol) 5-Amino-4-cyano-3-phenylaminopyrazol 3,0 g (17,24 mmol) Benzamidin Hydrochlorid Hydrat und 2,2 g (23,0 mmol) Natriumacetat zugegeben. Das Reaktionsgemisch wird für 30 min bei 220 °C erhitzt. Das resultierende Material wird mit 50 ml Wasser behandelt, gefiltert und mit 20 ml kaltem Methanol sowie 20 ml kaltem Ester gewaschen. Das Produkt wird mittels Kristallisation aus DMF/Wasser gereinigt.

**Ref-1**

Hellgelber, fester kristalliner Stoff. Ausbeute 57 %. mp 253-5 °C. R_f (Chloroform - Methanol; 10/1) - 0.8 (Silikagel 60). MS m/z 302 (M^+).

Referenzbeispiel 2: 4-Amino-3-(phenylamino)-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin (alternative Herstellung)

5,22 g Benzamidin Hydrochlorid, das zuvor 2,5 h lang bei 115°C getrocknet wurde, wird langsam zu einer Lösung von 1,74 g Natriummethylat in 100 ml Methanol gegeben und 30 min bei Raum-

temperatur gerührt. Nach Abfiltrieren des anorganischen weißen Niederschlages wird 3,5 ml n-Butanol hinzu gegeben und das Volumen im Vakuum auf 3 ml reduziert. Der Rückstand ist ein weißliches Öl, und entspricht 4,0 g Benzamidin, das sofort im nächsten Reaktionsschritt verwendet wird.

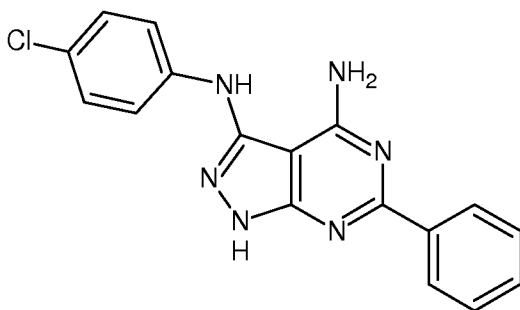
5-Amino-4-cyano-3-(phenylamino)-pyrazol (6,0 g; Pulver Ref-1) wird in 10 ml n-Butanol gelöst und 4,0 g Benzamidin in 3 ml n-Butanol werden bei Raumtemperatur hinzu gegeben. Die Reaktion erfolgt im Laufe von 20 Stunden bei 85°C. Anschließend wird die Lösung abgekühlt, der gelbe Niederschlag abfiltriert und mit 5 ml n-Butanol und 5 ml Toluol gewaschen.

Ausbeute: 68%

Eigenschaften: Schmelzpunkt: 265-267°C (Tetrahydrofuran); MS (m/z) 302 (M⁺); ¹H NMR (DMSO-d₆): δ 12,38 (1H, s, NH), 8,30-8,36 (2H, q, 2 CH), 8,23 (1H, br. s., NH), 7,67 (2H, d, 2CH), 7,48 (2H, br. s., NH₂), 7,42 (3H, m, 3CH), 7,12 (2H, d, 2CH) und 6,98 (1H, m, CH) ppm; Elementaranalyse C₁₇H₁₄N₆: Berechnet %: C, 67,54; H, 4,67; N, 27,80; Gefunden %: C, 67,49; H, 4,53; N, 27,74.

Referenzbeispiel 3: 4-Amino-3-(4-chlorphenyl)amino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin

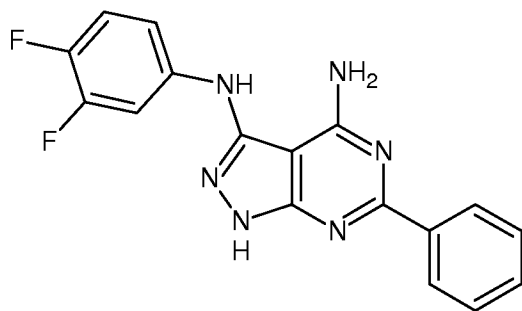
(3-N-(4-chlorphenyl)-6-phenyl-2H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-3,4-diamin)



Ref-3

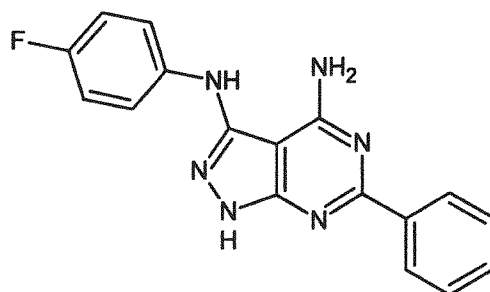
Referenzbeispiel 4: 4-Amino-3-(3,4-difluorphenyl)amino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin

(3-N-(3,4-difluorphenyl)-6-phenyl-2H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-3,4-diamin)



Ref-4

Referenzbeispiel 5: 4-Amino-3-[(4-fluorophenyl)amino]-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin



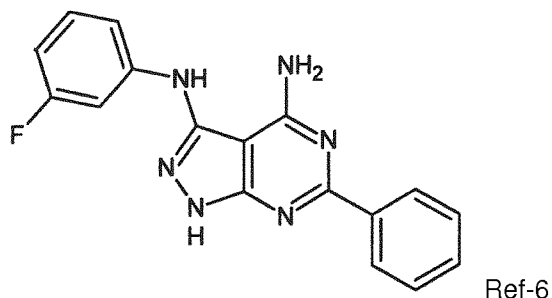
Ref-5

Die Verbindung Ref-5 wird auf die gleiche Weise, wie in Referenzbeispiel 2 dargestellt, hergestellt, wobei jedoch als Ausgangsstoff 5-Amino-4-cyano-3-[(4-fluorophenyl)amino]-pyrazol verwendet wurde. Dabei bildet sich ein hellgelber kristalliner Niederschlag.

Ausbeute: 70%

Eigenschaften: Schmelzpunkt: 262-263 °C (THF/Toluol); MS (m/z): 320 (M⁺); ¹H NMR (DMSO-d₆): δ 12,69 (1H, s, NH), 8,33-8,41 (4H, m, 4CH), 8,18 (1H, br. s., NH), 7,58-7,65 (5H, m, NH₂, 3CH), 7,27-7,31 (2H, n, 2CH) ppm; Elementaranalyse C₁₇H₁₄FN₆: Berechnet %: C, 63,74; H, 4,09; N, 26,24; Gefunden %: C, 63,81; H, 4,11; N, 26,27.

Referenzbeispiel 6: 4-Amino-3-[(3-fluorophenyl)amino]-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin



Die Verbindung Ref-6 wird auf die gleiche Weise, wie in Referenzbeispiel 2 erhalten, hergestellt, wobei jedoch als Ausgangskomponente 5-Amino-4-cyano-3-[(3-fluorophenyl)amino]-pyrazol verwendet wurde. Dabei bildet sich ein hellgelber kristalliner Niederschlag.

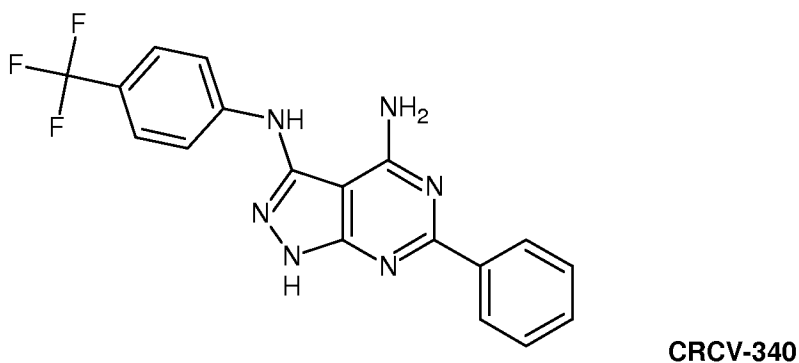
Ausbeute: 76%

Eigenschaften: Schmelzpunkt: 278-279°C (THF/Toluol); MS (m/z): 320 (M⁺); ¹H NMR (DMSO-d₆); δ 12,61 (1H, s, NH), 8,34-8,42 (2H, q, 2CH), 8,14 (1H, br. s., NH), 7,48 (2H, br. s., NH₂), 7,3-7,43 (6H, m, 6CH), 6,60 (1H, s, CH) ppm; Elementaranalyse für C₁₇H₁₄FN₆: Berechnet %: C, 63,74; H, 4,09; N, 26,24; Gefunden %: C, 63,81; H, 4,11; N, 26,27.

Beispiel 1: 4-Amino-3-(4-trifluormethyl-phenyl)amino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin (CRCV-340)

(6-phenyl-3-N-[4-(trifluormethyl)phenyl]-2H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-3,4-diamin)

Die Herstellung erfolgte wie im Referenzbeispiel 1 beschrieben, unter Verwendung der entsprechend substituierten Vorläuferverbindungen.



Beispiel 2: 4-Amino-6-phenyl-3-[(4-(trifluoromethyl)-phenyl)amino]pyrazolo[3,4-d]pyrimidin

Die Verbindung CRCV-340 wurde ebenfalls analog der in Referenzbeispiel 2 dargestellten Reaktionsvorschrift hergestellt. Dabei bildet sich ein hellgelber kristalliner Niederschlag.

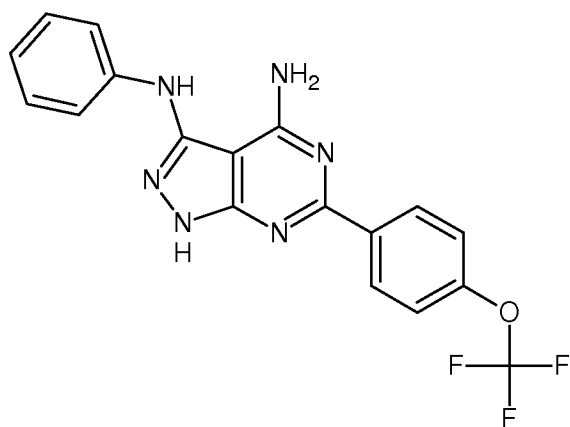
Ausbeute: 58%

Eigenschaften: Schmelzpunkt: 313-314 °C (THF/Toluol); MS (m/z): 370 (M⁺); ¹H NMR (DMSO-d₆): δ 12,77 (1H, s, NH), 8,91 (1H, s, NH), 8,47 (2H, s, NH₂), 7,81, 7,79, 7,63, 7,58 und 7,47 (9H, m, C₆H₄ und C₆H₅) ppm; Elementaranalyse C₁₈H₁₃F₃N₆: Berechnet %: C, 58,38; H, 3,54; N, 22,69; Gefunden %: C, 58,41; H, 3,58; N, 22,74; HPLC: 99,30% (Säule Luna C18 (2), Acetonitril/Wasser - 90:10, Durchfluss von 0,6 ml/min, UV 254 nm; t_R = 5,3 min)

Beispiel 3: 4-Amino-3-phenylamino-6-[4-(trifluormethoxy)-phenyl]pyrazolo[3,4-d]pyrimidin (MS-112)

(3-N-phenyl-6-[4-(trifluormethoxy)phenyl]-2H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-3,4-diamin)

Die Herstellung erfolgte wie im Referenzbeispiel 1 beschrieben, unter Verwendung der entsprechend substituierten Vorläuferverbindungen.



MS-112

Beispiel 4: 4-Amino-6-phenyl-3-[4-(trifluormethoxy)-phenylamino]-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin

Diese Verbindung wurde ebenfalls analog der in Referenzbeispiel 2 dargestellten Reaktionsvorschrift hergestellt, wobei 5-Amino-4-cyano-3-[(4-trifluormethoxyphenyl)amino]pyrazol aus Ausgangsverbindung verwendet wurde. Dabei bildete sich ein weißer kristalliner Niederschlag.

Ausbeute: 68%

Eigenschaften: Schmelzpunkt: 260-262°C (Tetrahydrofuran/DMF); MS (m/z): 386 (M⁺); ¹H NMR (DMSO-d₆): δ 12,56 (1H, s, NH), 8,82 (2H, q, 2CH), 8,16 (1H, br. s., NH), 7,48 (2H, br. s., NH₂), 7,3-7,43 (4H, m, C₆H₅), 7,05-7,11 (2H, 2 s, 2CH), 6,98 (1H, m, CH) ppm; Elementaranalyse C₁₈H₁₃F₃N₆O: Berechnet %: C, 55,96; H, 3,39; N, 21,75; Gefunden %: C, 56,07; H, 3,36; N, 21,61.

Beispiel 5: Reinigung von 4-Amino-6-phenyl-3-[(4-(trifluoromethyl)-phenyl)amino-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin

50 g trockenes 4-Amino-6-phenyl-3-[(4-trifluoromethyl)-phenyl]amino-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin, synthetisiert nach dem in Referenzbeispiel 2 beschriebenen Verfahren, werden unter Erwärmen in 300 ml von THF gelöst. Diese Lösung wird mit 300 ml kaltem Toluol behandelt. Die resultierende Lösung wird bei einer Temperatur unter 0°C im Laufe von 6 Stunden in einem Gefrierschrank gehalten. 36 g 4-Amino-3-(4-trifluorophenyl)amino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin in gelben Kristallen werden durch Filtration erhalten.

Schmelzpunkt: 313-314°C (THF/DMF)

HPLC: 99,16% (Säule Luna C18(2), Acetonitril/Wasser -90:10, Durchfluss von 0,6 ml/min, UV 254 nm; t_R = 5,3 min)

ADMET-Studien zum Metabolismus von OBR 5-340 *in vitro*

Ziel: Überprüfung der Aufnahme (Absorption), Verteilung (Distribution), des biochemischen Umbaus (Metabolismus), der Ausscheidung (Exkretion) sowie Toxizität (abgekürzt: ADMET) von OBR 5-340 *in vitro*, sowie *In vitro*-Untersuchungen zur Plasmaproteinbindung und zur Stabilität im Plasma und in Lebermikrosomen.

Untersuchungen: Die durchgeführten *In vitro*-Tests mit CRCV-340 sowie die erhaltenen Daten sind im Vergleich zu Ref-2 in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den ADMET-Studien für CRCV-340 im Vergleich zu Ref-2.

Untersuchungsparameter	Ref-2	CRCV-340
Bindung an Plasmaprotein	99,5 %	96,7 %
Freisetzung von Plasmaprotein	61,0 %	122,3 %
Plasmastabilität	117,0 %	100,0 %
Stabilität in Lebermikrosomen	32,0 %	112,0 %

Zusammenfassung: Die Substanz CRCV-340 zeichnete sich durch eine bessere Stabilität in Lebermikrosomen sowie eine stärkere Freisetzung von Plasmaprotein im Vergleich zu Ref-2 aus.

Untersuchung der Pharmakokinetik von CRCV-340 in der Maus

Ziel: Erhebung pharmakokinetischer Daten zu CRCV-340.

Untersuchungen: Substanz und Referenzsubstanz wurden jeweils einmalig in einer Konzentration von 100 mg/kg KG, in 0,5 ml einer 10%igen Cremophorlösung *per os* den Mäusen appliziert. Nach 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 h wurde das Serum gewonnen und mittels HPLC-Analyse die Konzentrationen von CRCV-340, Ref-2 und Ref-3 im Plasma der Mäuse bestimmt.

Anhand der mittels HPLC-festgestellten Substanzkonzentrationen im Blutplasma wurden die pharmakokinetischen Parameter der Substanzen mit dem Computerprogramm ESTRIP berechnet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Pharmakokinetische Daten nach einmaliger, intragastraler Applikation von 100 mg/kg CRCV-340, Ref-2 und Ref-3 in Mäuse.

Substanz	$C_{\max}$	$T_{\max}$	MRT	$T_{1/2}$	K_{el}	CL	V_d	AUC_{0-t}	$AUC_{0-\infty}$	$C_{\max} / AUC_{0-t}$
	(ng/ml)	(h)	(h)	(h)	(h ⁻¹)	(ml × h/kg)	(ml/kg)	(ng × ml/h)	(ng × ml/h)	(h ⁻¹)
Ref-2	1295,4	1,0	2,14	2,96	0,23	36,6	156,7	2354,5	2732,1	0,55
Ref-3	424,5	0,5	2,44	1,47	0,55	91,8	168,1	1085,7	1089,4	0,39
CRCV-340	1254,4	3,0	3,54	3,54	0,18	10,4	52,7	6418,3	9598,5	0,20

$C_{\max}$ Maximalkonzentration im Blut

$T_{\max}$ Zeit bis zum Erreichen der Maximalkonzentration im Blut

MRT	Mittlere Verweilzeit im Blut (mean residence time)
$T_{1/2}$	Halbwertszeit
K_{el}	Eliminationskonstante
CL	Beseitigung (clearance)
V_d	Verteilungsvolumen (volume of distribution)
AUC	Fläche unter der Kurve (area under curve)
C_{max}/AUC	Absorptionsgeschwindigkeit von Magen zum Blut

Ergebnis: Die Untersuchungen zur Pharmakokinetik in der Maus ergaben für CRCV-340 eine deutlich bessere Bioverfügbarkeit als für Ref-2 und Ref-3.

Untersuchungen zur akuten Toxizität von CRCV-340 in der Maus

Ziel: Bestimmung der 50 % letalen Dosis von CRCV-340

Untersuchungen: Die akute Toxizität der Substanz CRCV-340 wurde in 19,5 - 20,5 g schweren Mäusen überprüft, denen *per os* 40, 60, 80 bzw. 120 mg Substanz/Maus (je 5 Mäuse pro Substanz und Konzentration) verabreicht wurden. Dies entspricht einer Dosis von ca. 2g, 3g, 4g bzw. 6g pro Kilogramm Körpergewicht. Die im Ergebnis beobachteten toxischen Effekte korrelierten mit der applizierten Substanzdosis. Bei den 40 und 60 mg/Maus-Dosierungen wurden bis zu 3 h nach Substanzgabe Koordinationsstörungen und Hyperaktivität als Nebenwirkungen beobachtet. Nach Applikation der zwei höheren Dosierungen kamen Atembeschwerden, aggressives Verhalten und Hyperkinesie dazu. Für CRCV-340 wurde eine LD_{50} von 3120 mg/kg bestimmt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Ergebnisse der Untersuchungen zur akuten Toxizität der Substanz CRCV-340 nach einmaliger peroraler Applikation in der Maus

Dosis	Tote/Überlebende 72 h nach Applikation von	
	Ref-2	CRCV-340
40 mg/Maus	0/5	1/5
60 mg/Maus	1/5	1/5
80 mg/Maus	3/5	3/5
120 mg/Maus	4/5	5/5
LD_{50}	78,6 mg/Maus (3930 mg/kg)	62,4 mg/Maus (3120 mg/kg)

Ergebnis: Die erhaltenen Daten zur Überlebensrate belegen eine sehr gute Verträglichkeit beider Testsubstanzen.

Langzeituntersuchungen zur Toxizität in der Maus

Ziel: Feststellung der subakuten Toxizität in der Maus, um mögliche Nebenwirkungen z.B. auf das Allgemeinbefinden, Gewicht, die inneren Organe und den Stoffwechsel, die bei einer subakuten Gabe von CRCV-340 über 28 Tage auftreten könnten, aufzudecken.

Untersuchungen: Dazu erhielten ca. 20 g schwere männlich und weibliche Mäuse 12,5, 50 oder 200 mg/kg der Substanz CRCV-340 in einer Cremophorformulierung bzw. die Kontrollgruppe Cremophor einmal täglich über 28 Tage intragastral über eine Sonde verabreicht. Im gesamten Versuchszeitraum wurde der Zustand des Fells und der Schleimhäute, der Exkrete und das Allgemeinbefinden bewertet. Die Protokollierung des Gewichts erfolgte an den Tagen 7, 14, 21 und 28. Ca. 24 h nach der letzten Substanzgabe wurde das Orientierungsvermögen der Tiere untersucht. Im Serum wurden folgende biochemische Parameter analysiert: Proteingehalt, Harnstoff, Creatinin, die Serumaktivität von Aspartataminotransferase, Alaninaminotransferase und alkalischer Phosphatase. Die Hämoglobinkonzentration, Hämatokrit, die Anzahl der roten und weißen Blutzellen sowie der Blutblättchen wurde im Blutaussstrich bestimmt. Zum Versuchsende wurden die Mäuse unter Narkose getötet und sezziert, der Zustand der inneren Organe makroskopisch eingeschätzt, das Organgewicht bestimmt und Proben für nachfolgende histologische Untersuchungen in Formalin eingelegt.

Ergebniszusammenfassung: Die Ergebnisse belegen eine sehr gute Verträglichkeit der untersuchten Substanzkonzentrationen. Weder das Allgemeinbefinden der Tiere, ihr Fell, die Exkrete noch das Orientierungsvermögen bzw. die Beweglichkeit veränderten sich infolge der Substanzgabe. Auch in Bezug auf die Körpergewichtsdynamik unterschieden sich die CRCV-340-behandelten Tiere nicht von der Kontrollgruppe. Es ließen sich keine Unterschiede zwischen den substanzbehandelten und vehikelbehandelten Versuchsgruppen im Blutaussstrich, bei den biochemischen Blutparametern feststellen. Gleiches gilt für die makroskopische Begutachtung der inneren Organe (Leber, Niere, Herz, Lunge, Milz, Pankreas und Hoden), die Organgewichte sowie die Ergebnisse der histologischen Untersuchungen von Herz-, Lungen-, Leber-, Milz-, Thymus-, Pankreas-, Nieren-, Drüsen-, Hoden-, Magen- und Darmgewebsproben (Ergebnisse nicht dargestellt).

Bestimmung des antiviralen Spektrums gegen Rhinoviren

Ziel: Bestimmung des antiviralen Wirkspektrums von CRCV-340 gegenüber 50 verschiedenen humanen Rhinovirus-Serotypen und CVB3-Patientenisolaten.

Untersuchungen: Die 50 HRV-Serotypen und 20 klinischen CVB3-Isolate wurden in HeLa-, HeLa Wis- und/oder LF-Zellen vermehrt, ihr Titer bestimmt und mittels Sequenzierung der Serotyp überprüft. Danach wurden zpE (zytopathischer Effekt)-Hemmtests mit den HRV bzw. Plaque-Reduktions-Tests mit den CVB3 Isolaten etabliert. In den entsprechenden antiviralen Tests erfolgten Dosis-Wirkungs-Untersuchungen mit Ref-3 sowie CRCV-340. Eine Übersicht zu den ermittelten mittleren 50 %-Hemmkonzentrationen geben die Tabellen 5 und 6.

Tabelle 5: Übersicht zum Wirkspektrum von Ref-3 und CRCV-340 gegenüber HRV. Zusammengefasst wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen für alle 50 untersuchten Serotypen sowie für die 45 Pleconaril-sensitiven und 5 Pleconaril-resistenten Serotypen getrennt.

Substanz	IC ₅₀ [µM] alle HRV (n = 50)		IC ₅₀ [µM] Plecon- aril-sensitive HRV (n = 45)		IC ₅₀ [µM] Plecon- aril-resistente HRV (n = 5)		Anzahl der sensitiven HRV
	mean	S. D.	mean	S. D.	mean	S. D.	
Ref-3	16,11	11,94	18,52	10,88	0,07	0,01	23
CRCV-340	25,73	21,49	26,09	18,98	22,62	40,69	49

Tabelle 6: Übersicht zum Wirkspektrum von Ref-3 und CRCV-340 gegenüber den klinischen CVB3-Isolaten. Zusammengefasst wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen für alle 20 untersuchten Isolate sowie für die 19 Pleconaril-sensitiven Isolate und das eine Pleconaril-resistente Serotypen getrennt.

Substanz	IC ₅₀ [µM] alle CVB3 (n = 20)		IC ₅₀ [µM] Plecon- aril-sensitive CVB3 (n = 19)		IC ₅₀ [µM] Plecon- aril-resistente CVB3 (n = 1)		Anzahl der sensitiven CVB3
	mean	S. D.	mean	S. D.	mean	S. D.	
Ref-3	0,68	0,90	0,71	0,91	0,13		20
CRCV-340	4,97	4,05	5,16	4,10	1,39		18*

* maximal getestete Konzentration 13,5 µM

Ergebniszusammenfassung: Das Wirkspektrum von CRCV-340 gegenüber HRV fiel im Vergleich zu Ref-3 deutlich breiter aus.

Untersuchungen zur antiviralen Wirkung in vivo im Mausmodell der CVB3-induzierten chronischen Myokarditis

Ziel: Bestätigung der antiviralen Wirkung von CRCV-340 im Mausmodell

Untersuchungen: Die Wirkung des CRCV-340 wurde im Modell der CVB 3-induzierten Myokarditis in 8-Wochen-alten männlichen NMRI Mäusen untersucht. Dazu erhielten CVB3 31-1-93 bzw. CVB3 H3-infizierte Tiere ein- oder zweimal täglich 100 mg/kg der Substanz in 50 % oder 20 % PEG-400 in 1 % CMC in Wasser (Placebo) über 7 Tage verabreicht. Parameter zur Bewertung des therapeutischen Effekts schlossen Veränderungen im Körpergewicht, Allgemeinbefinden, Virustiter in Herz- und Pankreasgewebe sowie histopathologische Veränderungen im Herz und Pankreas ein. Scheininfizierte, Placebo-behandelte bzw. CRCV-340-behandelte Tiere dienten als Negativkontrolle und infizierte, Placebo- bzw. Pleconaril-behandelte Tiere als Positivkontrolle im Infektionsverlauf.

Ergebniszusammenfassung: Im Gegensatz zu Placebo und Pleconaril wirkte CRCV-340 im Modell der CVB3 31-1-93-induzierten chronischen Myokarditis in NMRI-Mäusen. Dabei waren klinisch und statistisch signifikante Effekte für alle untersuchten Parameter (Körpergewicht, Allgemeinbefinden, die Virustiter im Herz- und Pankreasgewebe am Tag 7 p.i., die Histopathologie im Herz- und Pankreas am Tag 7 und 21 p.i.) zu beobachten.

Studien zur in vivo-Wirksamkeit von CRCV-340 im letalen Mausmodell im Vergleich zur Referenzsubstanz Pleconaril

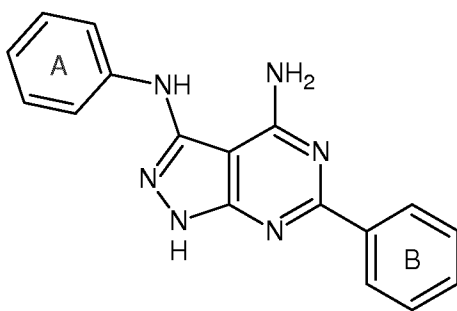
Ziel: Verifizierung der antiviralen Wirkung von CRCV-340 im letalen Mausmodell

Untersuchungen: Die Wirkung des Entwicklungskandidaten CRCV-340 wurde nach Austestung der Infektionsdosis im Modell der CVB 3-induzierten Myokarditis in 6 - 7 Wochen alten männlichen BALB/c Mäusen untersucht. Dazu erhielten CVB3 31-1-93 bzw. CVB3 H3-infizierte Tiere zweimal täglich 100 mg/kg der Substanz in 20 % PEG-400 in 1 % CMC in Wasser (Placebo) über 7 Tage verabreicht. Veränderungen im Körpergewicht, Allgemeinbefinden und die über den Surrogatmarker 25 % Körpergewichtsverlust definierte Letalität dienten als Parameter zur Bewertung des therapeutischen Effekts. Scheininfizierte, Placebo-behandelte bzw. CRCV-340-behandelte Tiere stellten die Negativkontrolle und infizierte, Placebo- bzw. Pleconaril-behandelte Tiere die Positivkontrolle im Infektionsverlauf dar.

Ergebniszusammenfassung: Im Gegensatz zu Placebo und Pleconaril wirkte CRCV-340 im letalen BALB/c-Mausmodell nach Infektion mit CVB3 31-1-93. Dabei waren klinisch und statistisch signifikante Effekte für alle untersuchten Parameter (Körpergewicht, Allgemeinbefinden sowie die Letalität) zu beobachten.

Ansprüche

1. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate der allgemeinen Formel I



I

oder ein pharmazeutisch akzeptables Salz oder Pro-Pharmakon davon, wobei zumindest ein Wasserstoffatom in zumindest einer der Phenylgruppen A und B durch einen Substituenten R^H ersetzt ist, der eine Hammett-Konstante σ_p größer als 0,23 aufweist,

wobei jedes weitere Wasserstoffatom in jeder der Phenylgruppen A und B unabhängig voneinander ersetzt sein kann durch einen Rest R^1 , wobei

jedes R^1 unabhängig ein Halogen, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes aliphatisches Radikal mit 1-7 Kettengliedern, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes alkanolisches Radikal mit 1-8 Kettengliedern, NO_2 , CN , $CONR^2$, COR^2 , $COOR^2$, OR^2 , SR^2 , NR^2 , SO_2NR^2 , CX_3 , CR^2X_2 , OCX_3 , OCR^2X_2 , oder Phenyl sein kann;

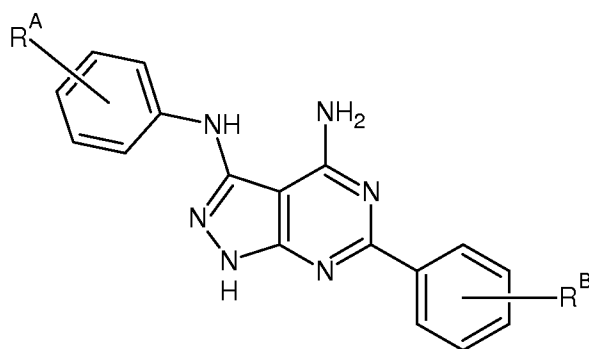
jedes R^2 unabhängig Wasserstoff, ein gesättigtes oder ungesättigtes, halogeniertes oder nicht halogeniertes, lineares oder verzweigtes aliphatisches Radikal mit 1-7 Kettengliedern, Benzyl, Phenyl oder Naphtyl, ein gesättigter oder ungesättigter, Mono- oder Polyheterozyklus mit den Heteroatomen N, S oder O ist, wobei jede der vorstehenden genannten Gruppen unabhängig mit Fluor, Chlor, Brom, Trifluormethyl, Alkyl, Alkoxy, Cyano, Nitro, Amino, Aminoalkyl, $C(O)$ -Alkyl, $C(O)O$ -Alkyl, Benzyl, Phenyl oder Naphtyl substituiert sein kann; und

X unabhängig F, Cl, Br, oder I ist.

2. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Substituent R^H unabhängig NO_2 , CN ,

CF₃, CCl₃, CBr₃, OCF₃, OCCl₃, OCB₃, CHF₂, CHCl₂, CHBr₂, OCHCl₂, CHO, COOH, COMe, COEt, COOMe oder COOEt ist, bevorzugt CF₃ oder OCF₃.

3. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach Anspruch 1 der allgemeinen Formel II



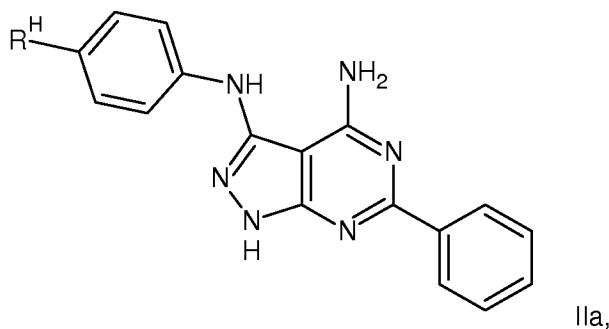
II

wobei jeder Substituent R^A, R^B unabhängig Wasserstoff, ein Halogen, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes aliphatisches Radikal mit 1-7 Kettengliedern, ein gesättigtes oder ungesättigtes, lineares oder verzweigtes alkanoles Radikal mit 1-8 Kettengliedern, NO₂, CN, CONR²₂, COR², COOR², OR², SR², NR²₂, SO₂NR²₂, CX₃, CR²X₂, OCX₃, OCR²X₂, oder Phenyl sein kann;

wobei R² und X wie in Anspruch 1 definiert sind;

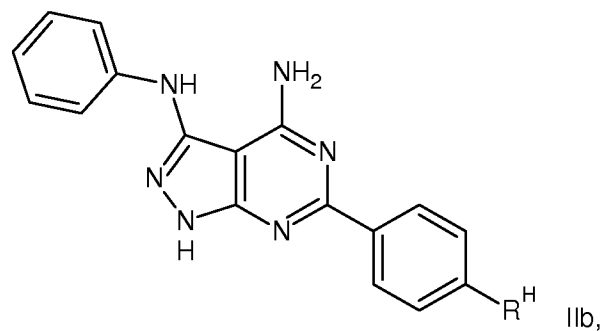
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Substituenten R^A, R^B eine Hammett-Konstante σ_p größer als 0,23 aufweist.

4. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach einem der Ansprüche 1 oder 2 der allgemeinen Formel IIa



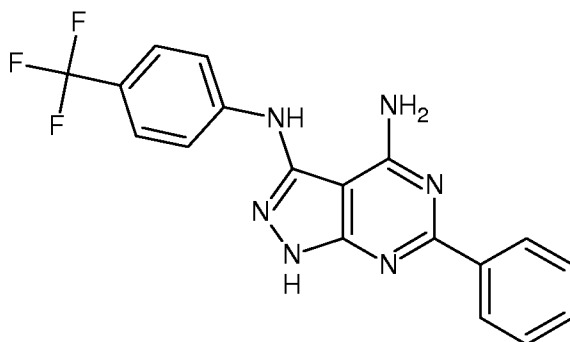
IIa,

oder IIb

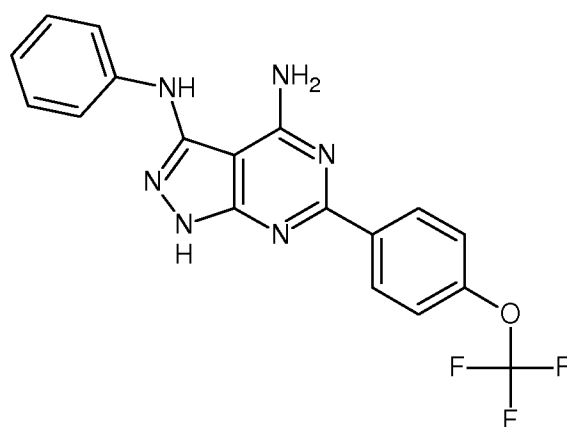


dadurch gekennzeichnet, dass R^H NO_2 , CN , CF_3 , CCl_3 , CBr_3 , OCF_3 , OCCl_3 , OCBr_3 , CHF_2 , CHCl_2 , CHBr_2 , OCHCl_2 , CHO , COOH , COMe , COEt , COOMe oder COOEt ist, bevorzugt CF_3 oder OCF_3 .

5. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach Anspruch 4 der Formel



oder



6. Pharmazeutische Zusammensetzung, enthaltend ein 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivat nach einem der vorherigen Ansprüche.

7. Pharmazeutische Zusammensetzung nach Anspruch 6, ferner enthaltend einen pharmazeutisch akzeptablen Träger.
8. Pharmazeutische Zusammensetzung nach Anspruch 6 oder 7, ferner enthaltend einen oder mehrere weitere Wirkstoffe.
9. Pharmazeutische Zusammensetzung nach Anspruch 8, wobei der eine oder die mehreren weiteren Wirkstoffe antivirale Wirkstoffe sind, bevorzugt Wirkstoffe gegen Picornaviren.
10. Verfahren zur Herstellung einer pharmazeutischen Zusammensetzung, umfassend Formulieren eines 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivats nach einem der Ansprüche 1-5 mit einem pharmazeutisch akzeptablen Träger.
11. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach einem der Ansprüche 1-5 zur Verwendung als Medikament.
12. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach einem der Ansprüche 1-5 zur Verwendung bei der prophylaktischen oder therapeutischen Behandlung von Virusinfektionen.
13. 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivate nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Virusinfektionen Picornavirusinfektionen sind.
14. Verfahren zur Herstellung eines 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivats nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder gemäß der Formel I in Anspruch 1, wobei jedes Wasserstoffatom in jeder der Phenylgruppen A und B unabhängig voneinander durch einen Rest R^1 , wie er in Anspruch 1 definiert ist, ersetzt sein kann, umfassend die Umsetzung eines 5-Amino-4-Cyano-3-phenylaminopyrazols mit der freien Base eines Benzamidins in einem polaren organischen Lösungsmittel, bevorzugt in n-Butanol.
15. Verfahren gemäß Anspruch 14, wobei das erhaltene 4-Amino-3-phenylamino-6-phenylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-Derivat anschließend durch Umkristallisation aus Tetrahydrofuran oder einem Gemisch davon mit Wasser oder einem organischen Lösungsmittel oder durch Ausfällen aus einer heißen Lösung in Tetrahydrofuran mit Wasser oder einem organischen Lösungsmittel, wobei das organische Lösungsmittel bevorzugt Toluol ist.