

(19) **DANMARK**

(10) **DK/EP 2637909 T3**



(12) **Oversættelse af  
europæisk patentskrift**

Patent- og  
Varemærkestyrelsen

- 
- (51) Int.Cl.: **B 61 L 25/02 (2006.01)** **B 61 L 3/00 (2006.01)** **G 01 C 7/04 (2006.01)**
- (45) Oversættelsen bekendtgjort den: **2015-04-20**
- (80) Dato for Den Europæiske Patentmyndigheds bekendtgørelse om meddelelse af patentet: **2015-01-07**
- (86) Europæisk ansøgning nr.: **11779660.7**
- (86) Europæisk indleveringsdag: **2011-11-08**
- (87) Den europæiske ansøgnings publiceringsdag: **2013-09-18**
- (86) International ansøgning nr.: **EP2011069592**
- (87) Internationalt publikationsnr.: **WO2012062723**
- (30) Prioritet: **2010-11-10 DE 102010050899**
- (84) Designerede stater: **AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
- (73) Patenthaver: **KNORR-BREMSE Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH, Moosacher Strasse 80, 80809 München, Tyskland**
- (72) Opfinder: **NOCK, Marco, Beethovenstr. 19, 85622 Feldkirchen, Tyskland**  
**BÜHLER, Joachim, Hornstr. 8, 80797 München, Tyskland**  
**HEINE, Christoph, Schneeglöckchenstr. 92a, 80995 München, Tyskland**
- (74) Fuldmægtig i Danmark: **Zacco Denmark A/S, Arne Jacobsens Allé 15, 2300 København S, Danmark**
- (54) Benævnelse: **Fremgangsmåde til højdeprofilbestemmelse af et skinnekøretøjs kørestrækning**
- (56) Fremdragne publikationer:  
**WINTER J ET AL: "Fahrerassistenz-System", SIGNAL + DRAHT, TELZLAFF VERLAG GMBH. DARMSTADT, DE, Bd. 101, Nr. 10, 1. Oktober 2009 (2009-10-01), Seiten 6-10,12, XP001548183, ISSN: 0037-4997**  
**WO-A1-02/08042**  
**WO-A1-2010/017887**  
**WO-A1-2010/083946**  
**US-A1- 2010 131 185**



## Beskrivelse

5 Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til højdeprofilbestem-  
melse af et skinnekøretøjs kørestrækning samt en fremgangsmåde til drift af  
et førerassistancesystem i et skinnekøretøj.

10 Sådanne førerassistancesystemer, der anvendes ved jernbanetrafik, tjener i  
første omgang til at bevæge et skinnekøretøj, f.eks. et person- eller godstog,  
på en så energieffektiv måde over en kørestrækning som muligt. Til dette får  
føreren af et sådant skinnekøretøj via et display i førerassistancesystemet  
den dertil nødvendige information. Denne information omfatter f.eks. en profil  
15 over strækningen med en visning af tilladte maksimumhastigheder og af de  
anbefalede hastigheder, anbefalinger for egnede køre- og bremsearmsstillin-  
ger samt angivelser til strækningens topografiske forløb. Derfor er det vigtigt  
at have så nøjagtige data over kørestrækningen som muligt. En vigtig nød-  
vendig information er kørestrækningens højdeprofil, ud fra hvilken den ned-  
adgående kraft, der påvirker skinnekøretøjet, beregnes og således kommer  
20 med i beregningerne til udsendelse af køreanbefalinger via førerassistance-  
systemet.

25 Kvaliteten af modtagelserne, der angår førerassistancesystemet, til bereg-  
ning af køreanbefalinger korrelerer direkte med kvaliteten af disse køres-  
trækningsdata, da allerede små stigningsændringer på kun 1‰ medfører  
enorme afvigelser mellem den model, der ligger til grund for beregningen, og  
30 virkeligheden og dermed vanskeliggør en kvalificeret prognose for kørslens  
videre forløb.

35 Sådanne informationer om en kørestrækningens højdeprofil (gradient) kan i de  
fleste tilfælde fås direkte hos dem, der driver kørestrækningen. De data, der  
fås fra dem, er dog ofte af ukendt oprindelse og kvalitet, tit forældede og ikke  
i digital form. Nøjagtigheden af disse data er svær at vurdere og den generel-  
le rigtighed af disse kan ikke garanteres. Desuden skal dataene indtastes  
manuelt i førerassistancesystemet og eventuelt behandles yderligere, hvor-  
ved også tidsforbruget til indtastning af dataene i førerassistancesystemet er  
meget højt.

5 Fra WO 2010/083946 A1 kendes en fremgangsmåde til registrering af stræk-  
ningsdata, hvor registrerede positionsdata på basis af satellitunderstøttet ge-  
nererede data tilordnes til rasterpunkter, og de enkelte rasterpunkters geo-  
grafiske højde derefter fastslås ud fra en eksisterende højdedatabase.

10 Formålet med den foreliggende opfindelse er derfor at tilvejebringe en frem-  
gangsmåde til højdeprofilbestemmelse af en kørestrækning, der gør det mu-  
ligt meget nøjagtigt, hurtigt og uafhængigt af land og operatør at registrere  
vilkårlige banestrækningers højdeprofil for at holde de individuelle tilpas-  
ningsomkostninger til dataregistrering ved nye strækninger så lave som mu-  
ligt og forøge førerassistancesystemets ydeevne.

15 Det formål opfyldes med en fremgangsmåde til højdeprofilbestemmelse af en  
kørestrækning med den kendetegnende del af krav 1 samt med en frem-  
gangsmåde til drift af et førerassistancesystem med den kendetegnende del  
af krav 9.

20 En kørestrækningens højdeprofil fastslås ifølge opfindelsen ved, at registrerin-  
gen af positions- og højdedata ved hjælp af en modtager, der er installeret i  
skinnekøretøjet, af et globalt navigationssatellitsystem (GNSS) sker ved at  
køre kørestrækningen mindst en gang, hvor bærerfasen af navigationssatel-  
littens eller navigationssatellitternes signaler bestemmes til forøgelse af nøj-  
agtigheden af højdedataene, der opnås via GNSS, og at højdedataene diffe-  
25 rentialkorrigeres ved hjælp af et RTK-netværk, og at kørestrækningens høj-  
deprofilforløb i et yderligere fremgangsmådetrin beregnes ved behandling af  
positions- og højdedataene, der blev registreret i de forudgående trin. Ved at  
medtage en sådan modtagerenhed i skinnekøretøjet, som den kørestrækning  
køres med, hvis gradientforløb skal bestemmes, tilvejebringes der en frem-  
30 gangsmåde, som kan udføres nemt og hurtigt, og med hvilken en vilkårlig  
strækningens gradientforløb kan bestemmes uafhængigt af land og operatør.  
Fremgangsmåden kan udføres hurtigt og er betydeligt mere nøjagtig end  
konventionelle GNSS-målinger. Den hurtige, meget nøjagtige og frem for alt  
35 pålidelige registrering af højdeprofilen er den store fordel ved denne frem-  
gangsmåde.

I en fordelagtig udførelsesvariant af fremgangsmåden ifølge opfindelsen for-  
øges nøjagtigheden af højdedataene, der opnås via GNSS, yderligere ved at  
tage geoid undulation i betragtning. Med en sådan datakorrektion kan den  
5 faktiske fysiske højde bestemmes, der er udslagsgivende for beregningen af  
den potentielle energi af det tog, som kører kørestrækningen.

Ifølge en yderligere fordelagtig udførelsesvariant af fremgangsmåden ifølge  
opfindelsen registreres positions- og højdedataene i det mindste på en dels-  
10 trækning af kørestrækningen ved forskellige køreretninger og sammenføres  
derefter. Den væsentligste fordel ved denne foranstaltning består i, at data-  
huller, der f.eks. optræder pga. manglende modtagelse af GNSS-signalerne i  
tunneller eller på steder, hvor strækningen er under jorden, forkortes signifi-  
kant. Her er det eksempelvis typisk, at højdesignalet allerede ved meget kor-  
15 te tunneller forsvinder helt og først opbygges noget tid efter tunnellen. Hvis  
man så sammenfører to målingers højdedata ved forskellig kørselsretning,  
bortfalder udelukkende højdedataene i tunnellen. Højdedataene før og efter  
tunnellen foreligger så efter sammenføring af dataene.

Ifølge en yderligere fordelagtig udførelsesvariant registreres positions- og  
højdedataene i det mindste på en delstrækning af kørestrækningen ved lav  
hastighed eller endda, når skinnekøretøjet er standset. Især i strækningsaf-  
20 snit, hvor højdegradienten udsættes for store udsving, er det fordelagtigt at  
reducere hastigheden for at forøge måledataenes nøjagtighed, da kvaliteten  
af de registrerede højdedata aftager med stigende hastighed.

Ifølge en yderligere foretrukket udførelsesvariant af fremgangsmåden ifølge  
opfindelsen udføres registrering af højdedataene i ikke-ækvivalente af-  
30 stænde langs kørestrækningen afhængigt af omfanget af ændringen af høj-  
deprofilen, hvor måleafstandene vælges mindre i takt med tiltagende æn-  
dring af højdeprofilen. Især i områder med store ændringer af højdegradien-  
terne, dvs. f.eks. ved forhøjninger og fordybninger, er små trinstorelser hen-  
sigtsmæssige. Tilsvarende er større trinstorelser af målingerne hensigts-  
mæssige ved jævne strækningsafsnit eller strækningsafsnit med ensartet  
35 stigning, hvor højdegradienten ikke ændrer sig, for at reducere datamæng-

den og dermed forøge førerassistancesystemets ydeevne, da redundant information bortfalder ved gemning og behandling.

5 Også tilpasningen af gradientinformationernes trinstørrelse til taktningen af en optimeringsenhed i førerassistancesystemet er fordelagtig, da gradientens påvirkning af togets hastighed langsommeliggøres pga. togets høje inert.

10 I normal drift sker der i førerassistancesystemet en tilbagevendende sammenligning mellem virkelig og simuleret kørsel i forhold til sted og hastighed i hensigtsmæssigt valgte intervaller. Valget af disse intervaller tager hele systemets inert i betragtning, hvor gradientinformationen fungerer som integral størrelse under gennemløb af disse intervaller, hvilket medfører, at en hensigtsmæssigt valgt rumlig opløsning fordelagtigt påvirker den gode beregning af køreanbefalingen, da førerassistancesystemets ydeevne forøges ved et  
15 optimalt valg af måleintervallerne.

Nedenfor uddybes en foretrukket udførelsesvariant af fremgangsmåden ifølge opfindelsen ved hjælp af figuren 1.

20 Denne figur 1 viser et diagram over en udførelsesvariant af fremgangsmåden ifølge opfindelsen.

Bestemmelsen af en kørestrækningens højdeprofil sker i første omgang i en såkaldt optagelsesfase, hvor skinnekøretøjet, der er udstyret med modtageren til modtagelse af signaler via GNSS, kører kørestrækningen en gang og derved registrerer kørestrækningens højdeprofildata.  
25

Under denne optagelsesfase foretages en GNSS-måling, hvor højdemålinger med en nøjagtighed på op til 2 til 10 cm opnås ved hjælp af såkaldte RTK-netværk (RTK = Real Time Kinematic). Til yderligere forøgelse af nøjagtigheden analyseres endvidere GNSS-signalets bærerfase.  
30

Da registreringen af kørestrækningens højdegradient især anvendes til beregning af den nedadgående kraft, der udøves på et skinnekøretøj, er især tyngdepotentialet af et punkt på kørestrækningen også af særlig betydning.  
35 Ved hjælp af en yderligere datakorrektion tages derfor fortrinsvis også geoid

undulation i betragtning, der er udslagsgivende for beregningen af skinnekøretøjets potentielle energi.

5 Som resultat af denne meget nøjagtige måling opnås en meget nøjagtig database for kørestrækningens højdeprofil, hvor der opnås en nøjagtighed af højdeprofilen på op til 10 cm.

10 Værdierne, der er indeholdt i denne database, tilordnes i et efterfølgende fremgangsmådetrin til den pågældende aktuelle position af skinnekøretøj eller af modtageren, der er anbragt i skinnekøretøjet. Disse datapakker indgår efterfølgende i beregningen af de aktuelle modstandskræfter, der påvirker skinnekøretøjet. På baggrund af denne beregning kan der efterfølgende udsendes en beregning af skinnekøretøjets optimale kørehastighedsprofil samt et output af en køreanbefaling til lokoføreren eller føreren af skinnekøretøjet ved hjælp af førerassistancesystemet.

15

I senere normal drift (anvendelsesfasen) sker der ved hjælp af modtageren eller modtagerne, der er installeret i skinnekøretøjet, ligeledes en registrering af højde og position via en traditionel GNSS-måling, der dog til forøgelse af nøjagtigheden modtager data fra en satellitunderstøttet difference-GNSS-service, f.eks. det frit tilgængelige europæiske egnos-system, hvorved nøjagtigheden af modtagerens position forøges med en faktor 10 i forhold til en traditionel GNSS-positionsbestemmelse. Som resultat af denne kontinuerlige dataregistrering opnås en nøjagtig position for toget på strækningen med en nøjagtighed på ca. 2 m. Positionen sammenføres så, som allerede beskrevet ovenfor, med de højder, der blev gemt i optagelsesfasen, for så ud fra dette at beregne den aktuelle modstandskraft, der udøves på skinnekøretøjet, og ud fra den den optimale hastighedsprofil og udsende en køreanbefaling til skinnekøretøjets lokofører.

20

25

30 Ved anvendelse af førerassistancesystemet i senere normal drift sammenlignes reale og anbefalede køremåder med hensyn til sted og hastighed i tæt kronologisk rækkefølge. Under den antagelse, at førerassistancesystemets køreanbefalinger følges, er der således mulighed for at sammenligne togets reale køreadfærd med togsimuleringens køreadfærd. På den måde er det muligt at tilpasse den gradientinformation, der ligger til grund for simule-

35

ringsmodellen, til den gradientinformation, der rent faktisk observeres, hvorved der også er mulighed for at forsyne førerassistancesystemet med en selvlærende algoritme.

**Patentkrav**

1. Fremgangsmåde til højdeprofilbestemmelse af et skinnekøretøjs kørestrækning, omfattende de følgende fremgangsmådetrin:
- 5 - at registrere positions- og højdedata ved hjælp af en modtager, der er installeret i skinnekøretøjet, af et globalt navigationssatellitssystem (GNSS) ved at køre kørestrækningen mindst en gang,
- at forøge nøjagtigheden af højdedataene, der opnås via GNSS, ved bestemmelse af bærerfasen af navigationssatellitens eller navigationssatelliternes signaler,
- 10 - at forøge nøjagtigheden af højdedataene, der opnås via GNSS, ved differentialekorrigering af højdedataene ved hjælp af et RTK-netværk,
- at beregne kørestrækningens højdeprofilforløb ved behandling af positions- og højdedataene, der blev registreret i de forudgående trin.
- 15
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, hvor nøjagtigheden af højdedataene, der opnås via GNSS, i et yderligere fremgangsmådetrin forøges ved at tage geoid undulation i betragtning.
- 20
3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, hvor positions- og højdedataene i det mindste på en delstrækning af kørestrækningen ved forskellige køreretninger registreres og derefter sammenføres.
4. Fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, hvor positions- og højdedataene i det mindste på en delstrækning af kørestrækningen registreres ved lav kørehastighed.
- 25
5. Fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, hvor højdedataene i det mindste på en delstrækning af kørestrækningen registreres, når skinnekøretøjet er standset.
- 30
6. Fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, hvor registreringen af højdedataene sker i ækvidistante afstande langs kørestrækningen.
- 35
7. Fremgangsmåde ifølge et af kravene 1 til 5, hvor registreringen af højdedataene sker i ikke-ækvidistante afstande langs kørestrækningen afhængigt

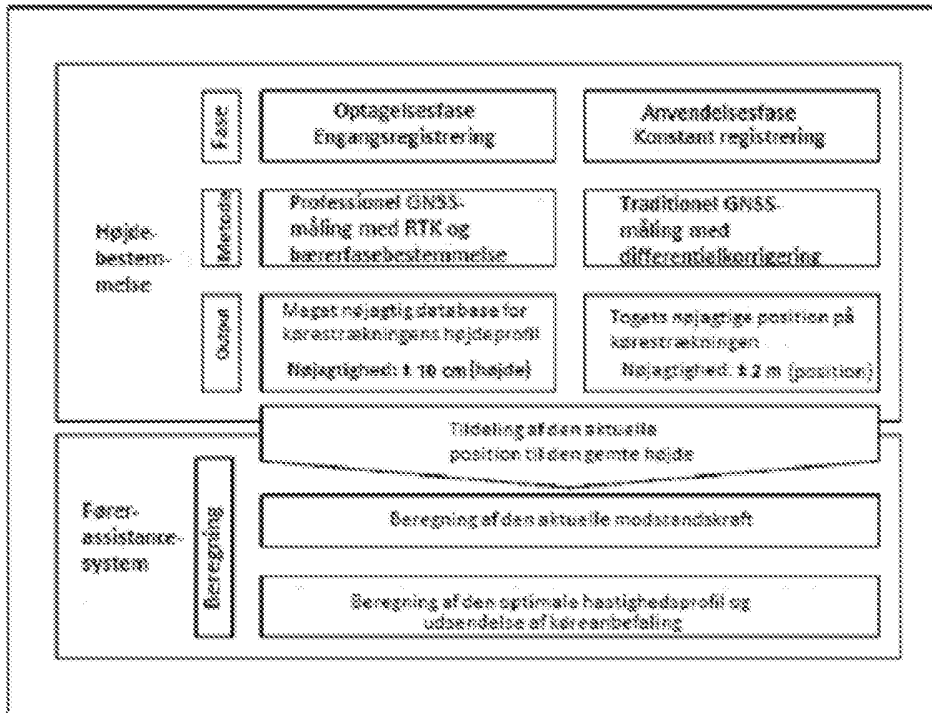
af omfanget af ændringen af højdeprofilen, hvor måleafstandene vælges mindre i takt med tiltagende ændring af højdeprofilen.

5 **8.** Fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, hvor de registrerede højdedata før beregning af højdegradienten udsættes for en rumlig lavpasfiltrering.

10 **9.** Fremgangsmåde til drift af et førerassistancesystem i et skinnekøretøj, hvor der til bestemmelse af en nedadgående kraft anvendes en fremgangsmåde ifølge et af de foregående krav, hvor der under en køretur ved hjælp af en optimeringsenhed i førerassistancesystemet med en bestemt taktning sker en sammenligning mellem forskellige datas indstillingsværdier og faktiske værdier, og hvor registreringen af højdedataene sker i ikke-ækvivalente afstande langs kørestrækningen afhængigt af optimeringsenhedens taktning.

15 **10.** Fremgangsmåde ifølge krav 8, hvor nøjagtigheden af højdedataene, der opnås via GNSS, i et yderligere fremgangsmådetrin i normal køredrift forøges ved at tage korrigerings signaler fra et GNSS, der udsender differential-signaler, i betragtning.

20



Figur 1