



## Konceptuelt design og udvikling af Intergomus

Ellebæk, P.; Pedersen, T.; Stendal, Karsten; Sejr, K.

*Publication date:*  
1999

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Ellebæk, P., Pedersen, T., Stendal, K., & Sejr, K. (1999). *Konceptuelt design og udvikling af Intergomus*. Risø National Laboratory. Denmark. Forskningscenter Risøe. Risøe-R Nr. 1080(DA)

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Konceptuelt design og udvikling af Inter- tergomus

<b>Preben Ellebæk</b>	<b>MKU</b>
<b>Tonny Pedersen</b>	<b>MKU</b>
<b>Karsten Stendal</b>	<b>MKU</b>
<b>Knud Sejr</b>	<b>MKU</b>

## **Resume**

Denne rapport gennemgår udviklingsforløbet af et træningsapparat til genoptræning af læderede fingre. Rapporten omhandler kun den mekaniske del af udstyret.

Opgaven er blevet løst i samarbejde med Ergoterapien på Køge Amtssygehus, Procure, Centret for Avanceret Teknologi og flere afdelinger på RISØ.

Der udvikles et apparat som kan vise funktionsprincippet fra idegrundlaget. Et tyndt stålbånd holder fast i fingrens yderste led. Når fingren bøjes fremkommer en længde forskel mellem båndet og håndroden. Denne forskel udnyttes i en friktionsbremse til at belaste fingeren med.

Mellem båndet og håndroden indbygges et linieært potentiometer som kan tilsluttes direkte til en standard gameport på en computer således at træningsapparatet kan bruges til at spille computerspil med og bevægelsens længde og frekvens kan registreres..

ISBN 87-550-2459-9  
ISSN 0106-2840

Afdelingen for Informationsservice, Risø, 1999

# Indhold

## Forord 4

- 1.1 Problem formulering 5
- 1.2 1. udviklingsmodel 6
- 1.3 2. udviklingsmodel 9
- 1.4 3. udviklingsmodel 11
- 1.5 4. Udviklingsmodel 15
- 1.6 Konklusion 19

# Forord

Efter oplæg fra CAT og Ergoterapien ved Roskilde Amts Sygehus Køge ønskes der udviklet et apparat til genoptræning af fingre/fingreled. Tilsluttet til et PC spil kan apparatet erstatte en almindelig kendt mus.

Fra oplægget kan nævnes, at ergoterapien selv havde fremstillet nogle simple apparater, opbygget på en træplade. Her kan hånden fastholdes f. eks. omkring en rundstok mellem tommelfinger og håndflade. Fingren/fingerene kan ved hjælp af en løkke/ læderstrop via en snor trække i en fjeder/gummibånd, fjederens anden ende kan fastgøres i forskellige positioner i forhold til hånden. Ved denne model varierer størrelsen og retningen kraften med fingerens bevægelse.

En anden mulighed blev demonstreret ved at lade patienten sammenpresse en klump gummi lignende materiale. Ved denne metode har man en næsten jævn belastning på hele fingerens længde og ikke kun på fingerspidsen.

Forskellige ”håndgreb” med indbygget fjedre blev fremvist, disse findes med forskellige fysiske størrelser og fjederkraft. ”Håndgrebene” tillod individuel bevægelse af fingrene, men kraften steg med bevægelsen og fingerspidsen kunne ikke komme helt ind til håndfladen.

Bortset fra ”håndgrebene” havde ingen af de viste trænings apparater nogen form for feedback til måling af frem- eller tilbage skridt under træningsforløbet. På håndgrebene kunne fjederkraften indstilles.

Træningsapparatet skal bruges til genoptræning af lædere/tilskadekomne fingre/hænder. Det er specielt interessant at bruge interaktionen med et PC spil ved genoptræning af børn/unge/ynge mennesker, da det forventes at motivationen kan øges væsentligt. Ligeledes ses det som en mulighed for at effektivisere ergoterapien, da en stor del af genoptræningen tænkes gennemført hjemme hos patienten, hvorved ergoterapien kan frigøres til andre opgaver. Samtidig kan opsamlingen af statistisk materiale til bedømmelse af træningens fremskridt bruges til planlægning af fremtidige behandlings-/ træningsprogrammets forløb.

Udviklingsopgaven løses i samarbejde med tre eksterne partner og tre interne parter.

Som eksterne partnere: Centre for Avanceret Teknologi CAT, Ergoterapien ved Roskilde Amts Sygehus Køge og medicofirmat PROcare A/S. Og som interne partnere : sektionen for Elektronikudvikling ELU, sektionen for Systemanalyse SYS og sektionen for Mekanik Udvikling MKU.

## 1.1 Problem formulering

Til genoptræning af fingre, såvel enkelte led som hele fingeren, ønskes en kraft som skal belaste fingeren vinkelret på fingerspidsen under hele bevægelsen, fra strakt finger til fingerspidsen rører ved håndfladen, en bevægelse på mellem  $180^0$  og  $270^0$ . Kraften må kun frembringes ud fra fingerens egen bevægelse, det må således ikke være muligt at øge kraften eller bevægelsens længde ved f. eks. at hjælpe til med håndleddet.

Når patienten har bevæget fingerene så meget som træningssituationen tillader eller der ønskes, skal bevægelsens endepunkt kunne aftastes, så man opnår samme funktion som klikket på en almindelig kendt PC-mus.

Kraften skal være justerbar, men skal holdes konstant under hele bevægelsen. Kraftjusteringen kan foregå ved en simpel justering på en finger-skruer med en skala, der har en klikvis låsning eller tilsvarende justeringsanordning.

For at kunne følge fremskridt i træningsforløbet skal længden og antallet af bevægelsen registreres i en PC'er til opfølgning af træningsforløbet og senere databehandling.

Der ønskes designet og fremstillet en model til demonstration af funktionen til en eller flere fingre, men hver finger skal kunne belastes og registreres uafhængig af de andre fingre.

## 1.2 1. Udviklingsmodel

Håndroden placeres på en rektangulær kasse, på dennes overside er en lodret støtte hvorimod håndryggen holdes, eventuel fikseret med velcro bånd, så patienten kun kan arbejde med fingerleddene og ikke med håndleddet.

Når fingerene bøjes vil de dreje omkring samme lodrette akse lige under det inderste fingerknogleled. Med denne akse som centrum placeres 4 bøjler med et øje til hver af de fire fingerspidser. Principskitser over designet fremgår af fig. 1 og fig. 2.

Hver af de 4 bøjler forbindes med en tynd stålwire/snor til hver sit friktionsnav. Indbygget i hver af disse friktionsnav, findes et friløb, således at der kun kan overføres friktionskraft i en retning, når fingeren bøjes. Når den rettes ud trækker en fjeder med meget flad karakteristisk bøjlen og fingeren tilbage til udgangspositionen.

En anden mulighed for tilbagetræknings kraft kunne være gravitation i form af et vægtlod og trisser, men enten vil det give en meget stor kasse, hvis disse lodder skulle skærmes ind i kassen, eller lodderne kunne hæn-ge frit fremme og via trisser placeres f. eks. ud over en bordkant. En løs-ning med gravitation vil dog give et uhandy og lidet brugervenligt appa-rat.

Der ønskes anvendt friktion som belastning, da denne form for belastning kan holdes konstant under hele bevægelsen, hvorimod en fjederbelast-ning ikke vil være konstant som funktion af bevægelsen.

Mellem friktionsnavets bevægelige part og kassen, indbygges et dreje-potentiometer, som kan give et elektrisk signal til Pc'en. Her ud fra kan længden af fingerens bevægelse bestemmes og "muse-klikket" kan regi-streres.

Til træning af tommelfingeren bruges samme princip, dog ligger omdrej-ningsaksen vandret.

Hver finger har sin egen friktions/friløbsenhed. På denne sidder en fin-gerskrue som via en stabel tallerkenfjedre kan regulere friktionskraften. Selve fingerskruen er tilgængelig på kassens overside og ud fra en indike-ringsskive kan den valgte kraft aflæses.

Indikeringsskiven må kalibreres ved den endelige montage af kassen. Der bør på sigt overvejes en simpel kontrolmålemetode, som kan bruges af ergoterapien til løbende kontrol/justering af denne indikeringsskive, f. eks kan man trække i øjet på bøjlen med et dynamometer og sammenhol-de det med indikeringsskivens værdi.

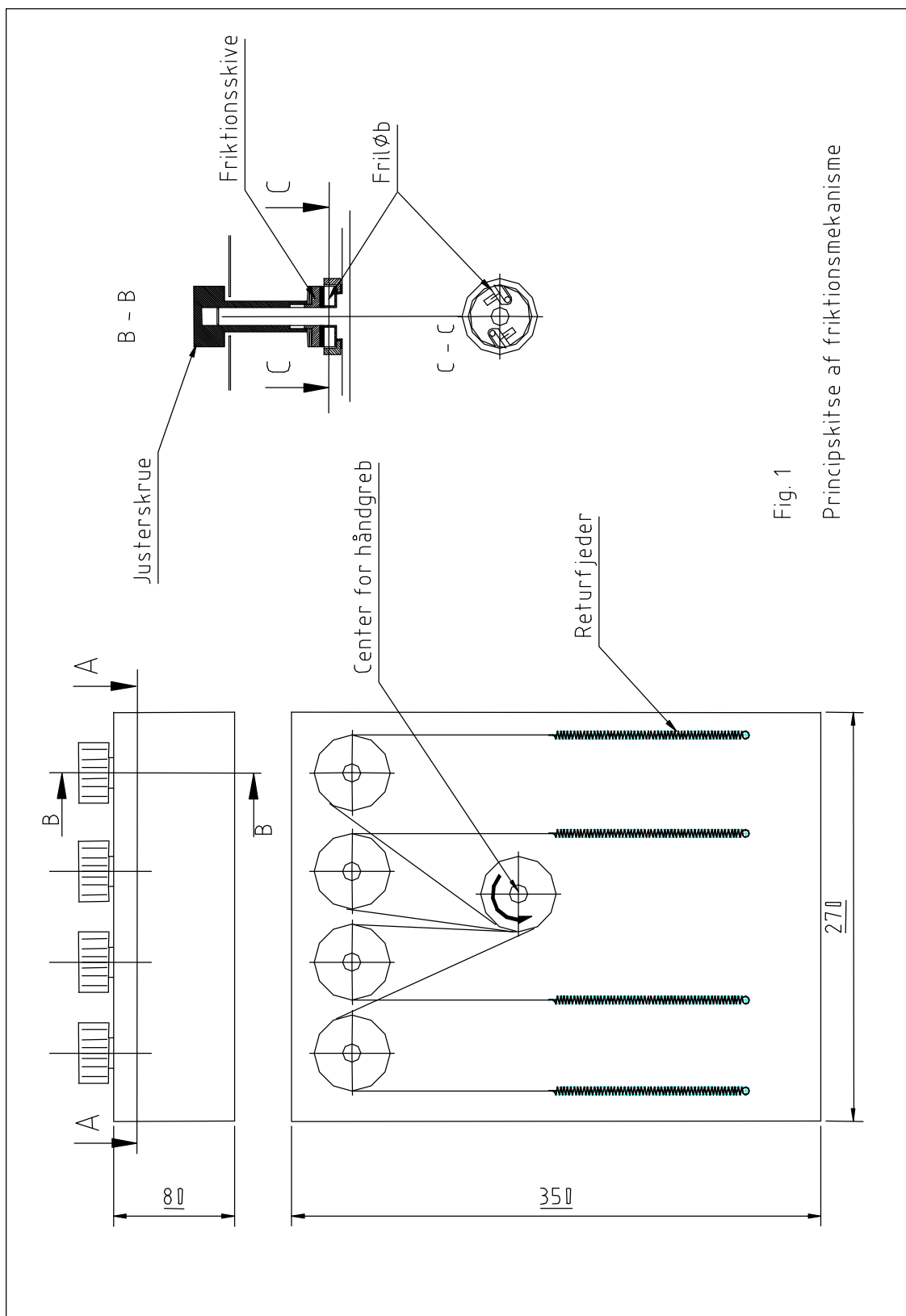
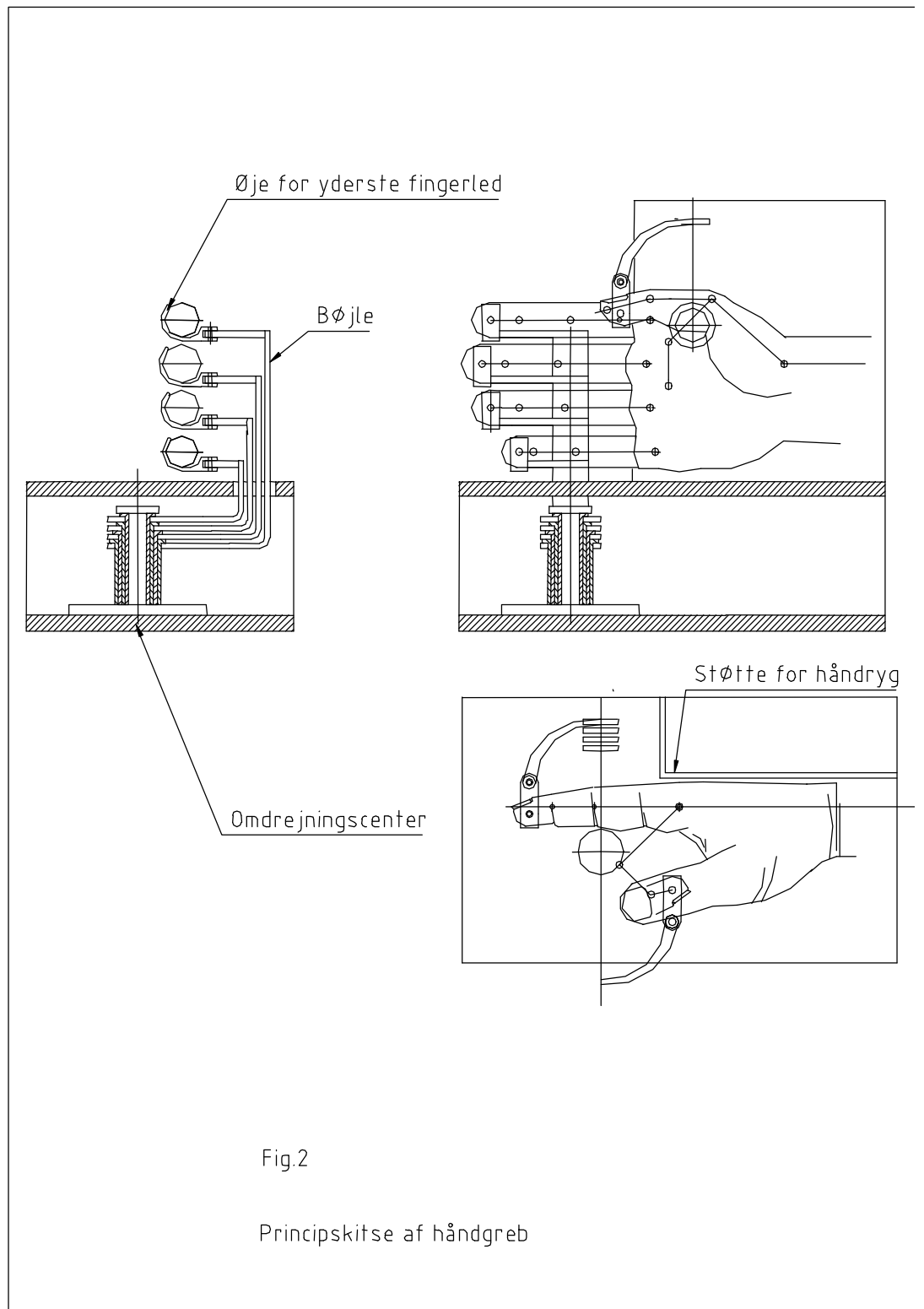


Fig. 1  
Principskitse af friktionsmekanisme





## 1.3 2. Udviklingsmodel

Efter nærmere studie af ovennævnte design, 1. udviklingsmodel, kan man se at når fingerene bevæges/drejes omkring den lodrette akse beskriver de ikke en ren cirkelbevægelse, men fingerspidsen beskriver en bue med stadig mindre radius. For at få bøjlen til at følge fingerspidsen, kunne man bygge den op af flere led, dette vil dog gøre bøjlen relativt kompliceret og dyr.

Et alternativ til bøjlen kan være at styre fingeren på en lineær førings-skinne, en sådan skinne kan fastgøres til den tidligere stålwire, og dermed kan friktionsnav og friløbsmekanismen fra første design benyttes til belastning og retur mekanisme.

Samtidig med designet af de lineære førings Skinner, designes et noget mindre pladskrævende friktionsnav og friløbsmekanisme, så hele kassen kan gøres mindre og dermed mere brugervenlig.

Principskitse af designet fremgår af fig 3.

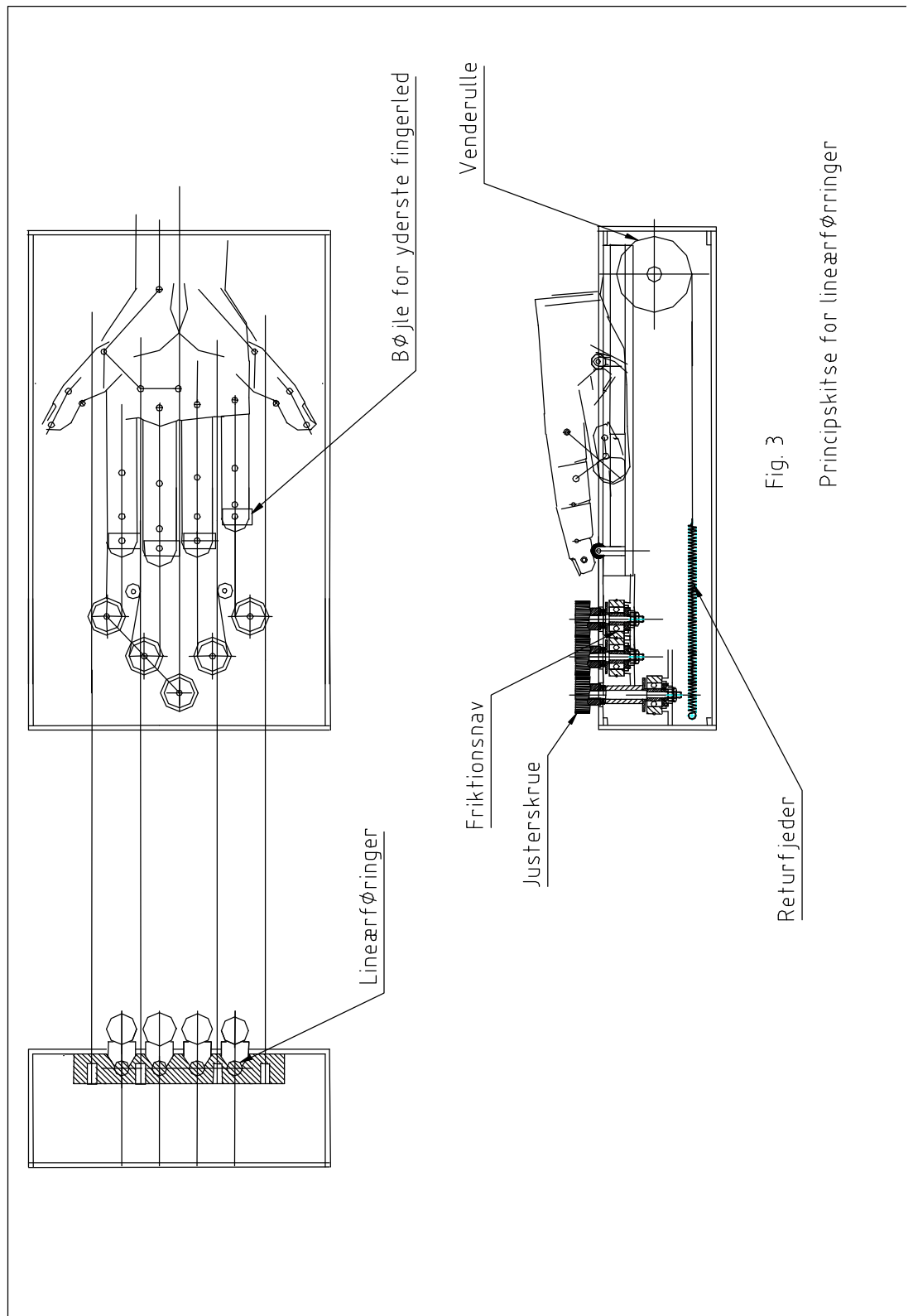


Fig. 3

Principskitse for lineærførringer

## 1.4 3. Udviklingsmodel

Efter hånden som designprocessen skrider frem, står det mere og mere klart at der behøves en tilpasningsmulighed med hensyn til størrelsen på hver enkelt finger og for at styre et PC-spil behøves kun tre fingre ad gangen. Det virker stadig som om den fysiske størrelse, både på apparatet og på kraften/belastningen pr. finger, bør kunne forminskes en hel del.

Næste version er en handske-lignende model som kan spændes fast på hånden eller armen.

Deraf opstår ideen med at placere en wire/snor i ca. 2 cm's afstand fra fingerens overside, herved opnås at der vil opstå en længde forskel mellem wire og fingerens centerlinie, når fingeren bøjer sig sammen. Denne længdeforskel kan så udnyttes til at bevæge det oprindelige friktionsnav og friløbsmekanisme med, og stadig bruge en fjeder til returbevægelsen. Wiren/snoren skal kun have fat i fingerens yderste led, f. eks ved en fingerbøllignende bøjle, ellers skal wiren/snoren kunne glide i forhold til fingeren. Principskitse af designet fremgår af fig. 4.

På dette idegrundlag besluttet det nu at påbegynde fremstilling af en forsøgsmodel.

For at holde en wire/snor i samme afstand fra fingeren selv når den er bøjet, besluttet det at fremstille et stort antal 2mm tykke aluminiumslameller som dels kan støtte på fingeren og samtidig kan holde wire/snoren's afstand til fingeren. Disse lameller vil så følge fingeren, når denne bevæges, samtidig opstår der en vinkeldrejning mellem dem. Så for at holde sammen på lamellerne placeres et fladt plastbånd nederst i lamellerne tæt på fingeren, således at dette danner et hængsel element. På lamellernes ydersider anbringes et spor hvori et u-profil kan skydes ind. Herved kan et eller flere led gøres ubevægelige, således at kun bestemte led kan bevæges og dermed trænes.

Der fremstilles nu et miniature friktionsnav med en friløbsmekanisme indbygget, (der kan ikke kommercielt købes noget i denne størrelsesorden), samt en tand-hjulsudveksling som kan bevæge et drejepotentiometer, hvorfra signalet til PC'en kan udtages.

Det er det samme design som tidligere har været diskuteret, blot komprimeret til det mindst mulige. Friktionsnav og friløbsmekanisme med potentiometeret bygges ind i en kasse som fylder 1.5cm x 2cm x 6cm. Denne kasse monteres på en glasfiberskal som passer ned på bagsiden af hånden og det underste af armen, hvor den fikseres med welcro-bånd. Denne glasfiberskal kan samtidig låse håndleddets bevægelses mulighed. Principskitse af designet fremgår af fig. 5.

Kassen bruges også som befæstigelse for både wiren/snoren og det flade plastbånd.

Tilpasningen til fingerenes længde og retning sker nu ved, at kassen kan flyttes på en flade parallel med håndens bagside.

Ved evaluering af den fremstillede model demonstreres at ideerne bag principperne er brugbare. Den nødvendige bevægelse til potentiometeret fremkommer, og man kan belaste fingeren som krævet, og variere belastningen.

Det beslattes trods alt, at revurdere designet en sidste gang, da nogle komponenter virker lidt klodsede. Lamellerne oven på fingeren har tendens til ustabilitet og virker heller ikke særligt elegante. Andre dele er temmelig komplicerede, specielt friløbs-mekanismen som nu ikke fylder mere end 11 mm i diameter.

Justeringen af bremsekraften fungerer ikke helt optimalt.

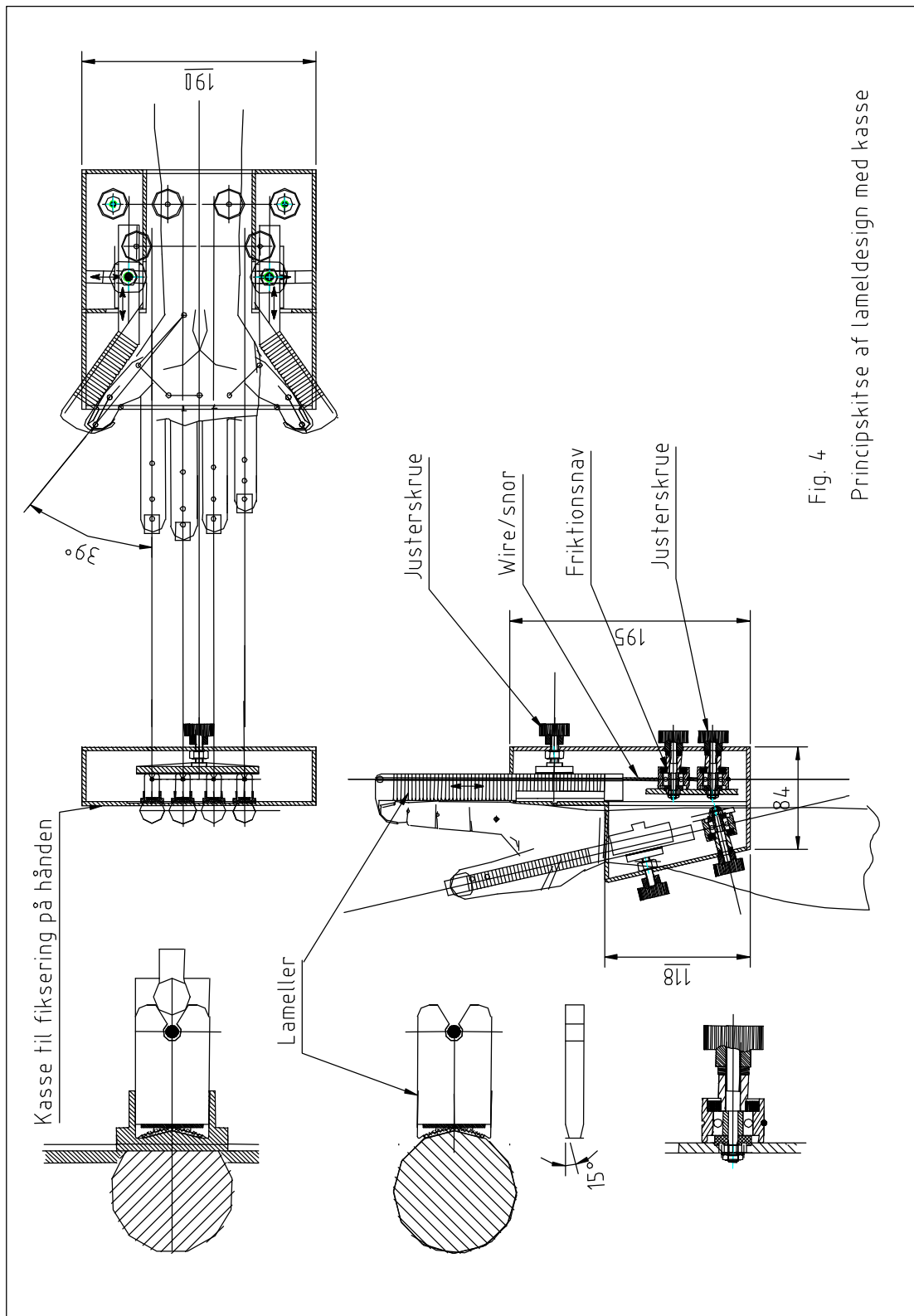


Fig. 4  
Principskitse af lameldesign med kasse

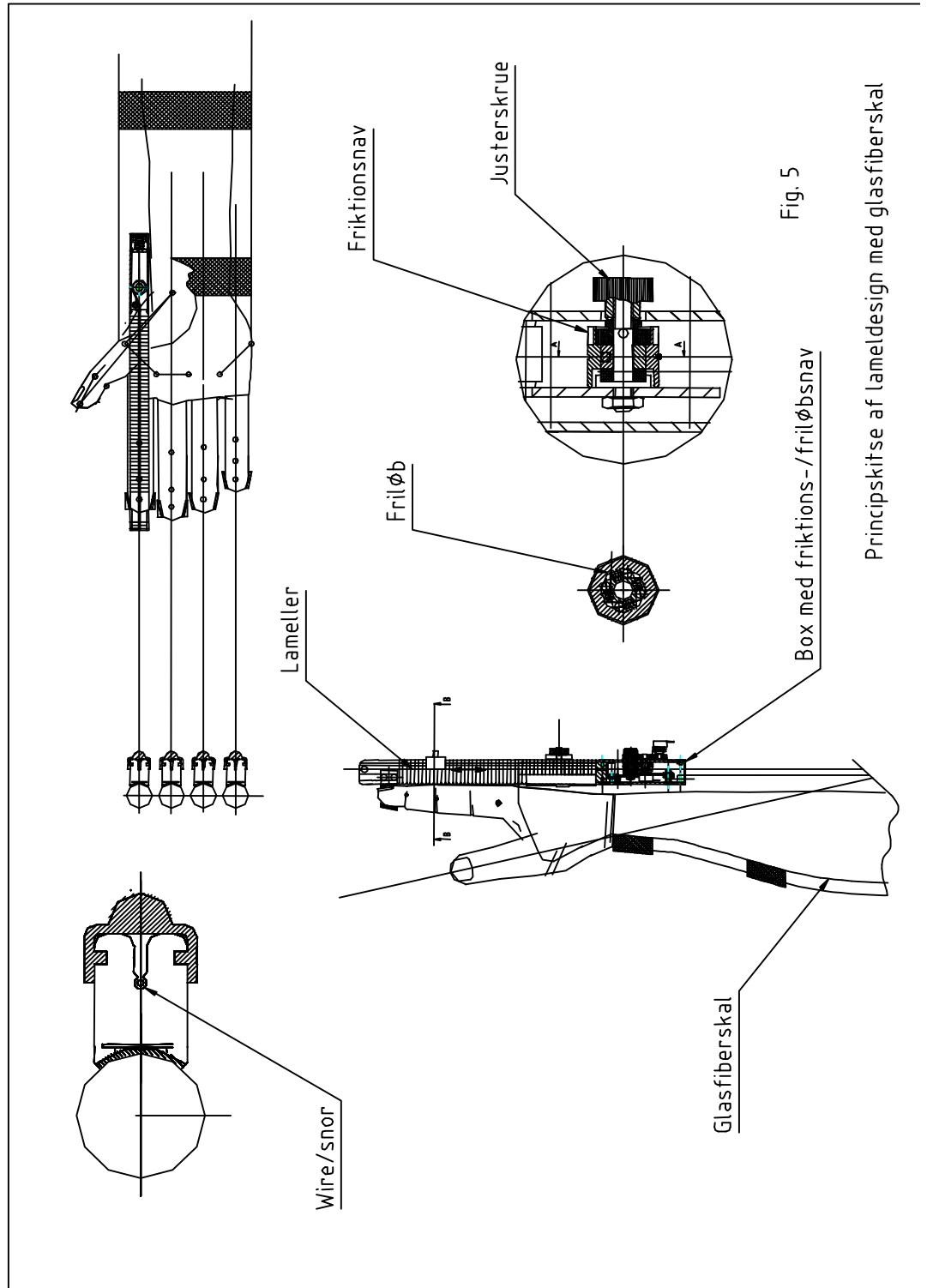


Fig. 5

Principkitse af lameldesign med glasfiberskal

## 1.5 4. Udviklingsmodel

I et forsøg på at minimere fremstillingsprisen og antallet af komponenter, som apparatet består af, undersøges det om lamellerne kan undværes.

Forsøg viser, at blot det flade plastbånd hviler oven på fingeren og har fat i yderste fingerled, opnås en længdebevægelse af båndet i forhold til fingeren, når denne bøjes, idet fingerknoglernes geometri, danner den akse, der bestemmer bøjningens geometri.

For at gøre friktionsnavet og friløbet mere enkelt, fjernes friløbet og rotationen i bremsen erstattes af en liniærbevægelse, som ligger i naturligt forlængelse af det flade plastbånd. For at skabe en bremsekraft limes der en bremsebelægning på plastbåndet. Som modpart hertil ophænges en trykfod i et hængslet. Ophænget af hængslet gøres variabelt således, at hængslets vinkel kan ændres, og hvorved bremsekraften varieres. En fjeder trækker i trykfoden således, at det sikres, at foden altid har kontakt med båndet.

Geometrien i hængslet udnyttes til at skabe den fornødne normalkraft på bemse-belægningen, når båndet bevæges i én retning. Når båndet skal tilbage giver geometrien foden mulighed for at løfte sig næsten fri af bremse-belægning, med andre ord normalkraften går mod nul. Dette betyder således en minimal retur fjeder-kraft. Principskitse af designet fremgår af fig. 6.

Det flade plastbånd kan forlænges forbi bremsebelægningen og her påbygges et lineært potentiometer eller magnetstrimmel, som kan give signal til PC'en om bevægelsens længde, og museklikket's placering.

Efter forsøg med limning på plastbåndet viser der sig problemer med bremsens følsomhed over for tykkelses variationer på bånd/bremsebelægning. Dette medfører at plastbåndet erstattes med et metalbånd med en tykkelse på 0.1 mm og bredde på ca. 10 mm. Bremsebelægningen flyttes over på den faste del af huset under stålbandet og trykfoden trykker herefter direkte på stålbandet.

Til forsøget vælges det at bruge naturproduktet kork som friktionsbelægning, da simple målinger af friktionskoefficienter viser at her opnås den højeste værdi ca. 0.3 – 0.4.

Til det første forsøg har det ikke været muligt at indkøbe et standart potentiometer som har tilstrækkelig holdbarhed og slaglængde nok. Derfor indbygges et hjul med en gummibelægning, som kører direkte oven på stålbandet. På dette hjul er der mulighed for at fastgøre den ene ende af et potentiometer med en slaglængde på 12 mm. Afhængig af fingerens størrelse skal der bruges en slaglængde på op til ca. 40 mm. Det her anvendte potentiometer har en levetid på ca. 10 millioner slag.



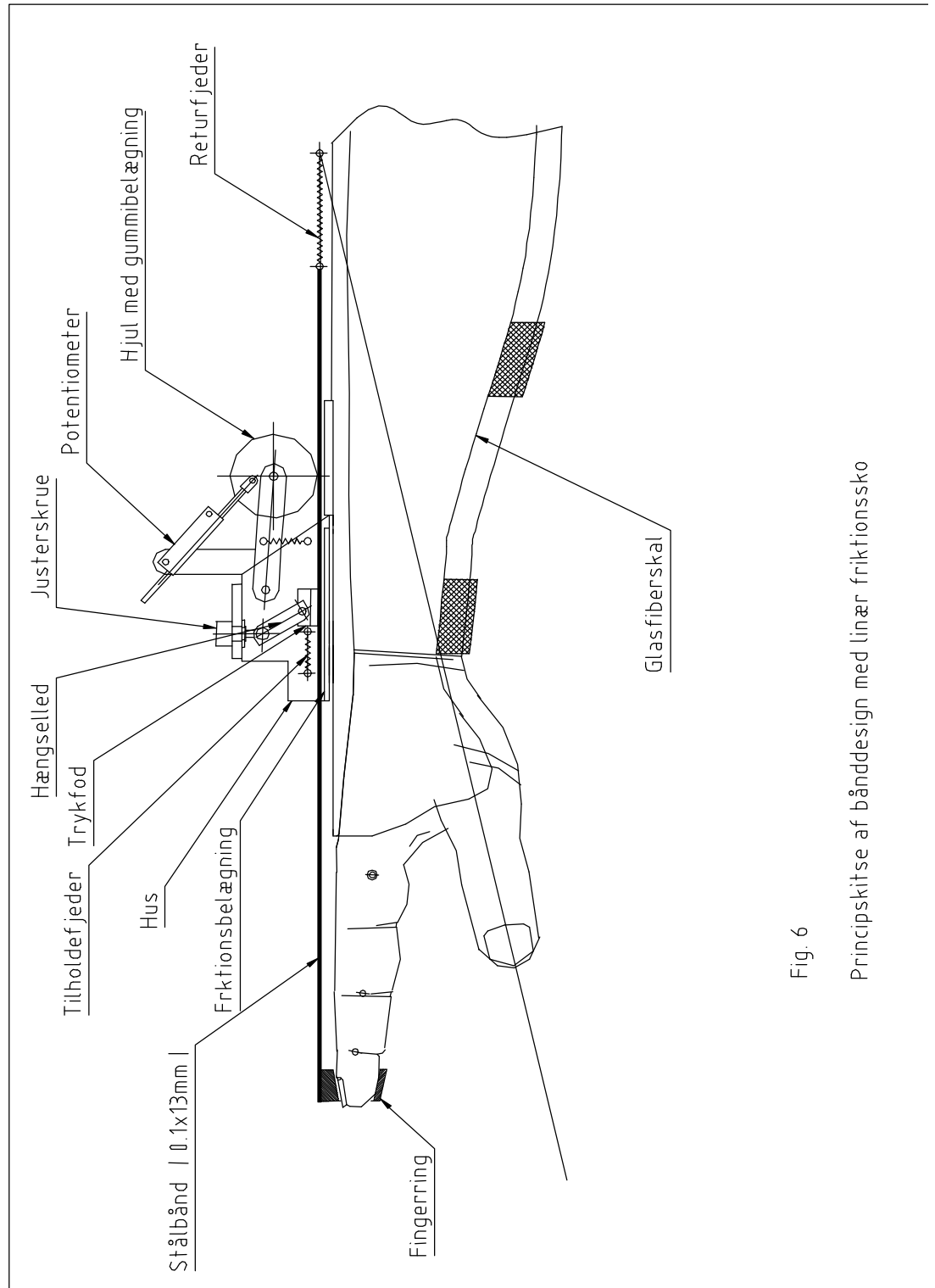
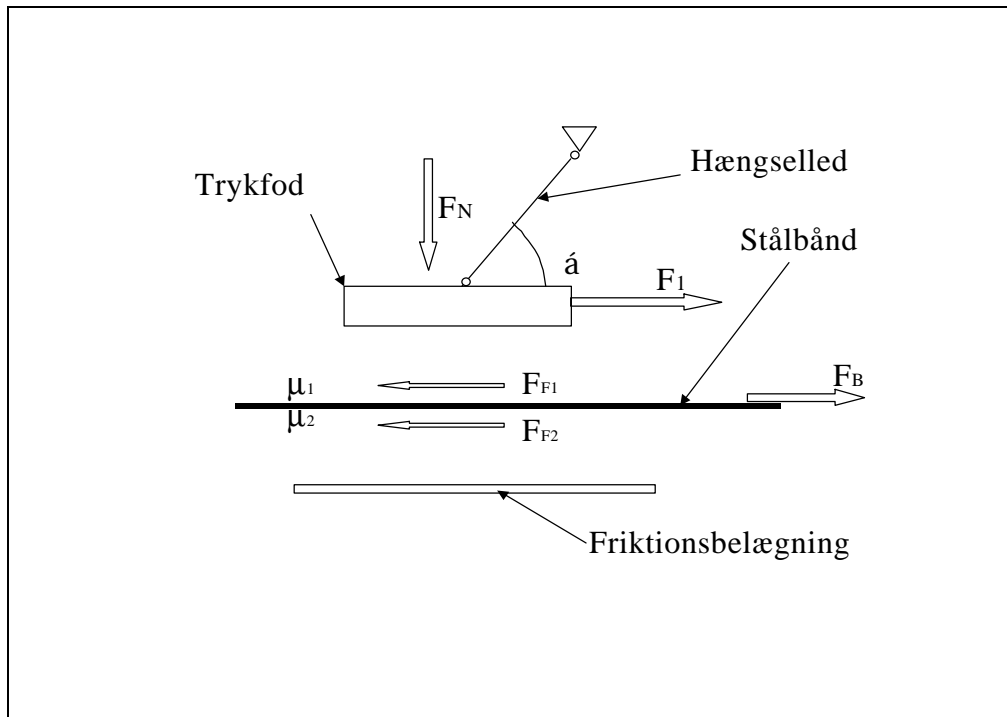


Fig. 6

Principskitse af bånddesign med lineær friktionssko

For at skaffe klarhed over geometriens funktion og virkemåde er den overordnede sammenhæng udledt i det efterfølgende.

Udledning af sammenhængen i belastningens geometri og funktion.



Symbol forklaring til ovenstående figur:

$F_B$  = Kraft i stålbånd

$F_{F1}$  = Friktionskraft mellem trykfod og stålbånd

$F_{F2}$  = Friktionskraft mellem stålbånd og friktionsbelægning

$F_1$  = Tilholdekraft på trykfod

$\mu_1$  = Friktionskoefficient mellem trykfod og stålbånd

$\mu_2$  = Friktionskoefficient mellem stålbånd og friktionsbelægning

$\alpha$  = Vinkel mellem trykfod og hængselled

$$F_B = F_{F1} + F_{F2}$$

$$F_{F1} = F_N \cdot \mu_1$$

$$F_{F2} = F_N \cdot \mu_2$$

$$F_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot (F_{F1} + F_1)$$

$$F_N = F_N \cdot \mu_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha \cdot F_1$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot F_1 = F_N \cdot (1 - \mu_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha)$$

$$F_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot F_1}{1 - \mu_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

Heraf ses at normalkraften  $F_N$  som frembringer belastningen på fingeren v.h.a. friktionskoefficienterne  $\mu_1$  og  $\mu_2$ , afhænger af 3 parametre: tilholdsfjederens kraft  $F_1$ , hængsleddets vinkel  $\alpha$  og friktionskoefficienten  $\mu_1$  mellem trykfoden og stålbåndet.

Da fjederkraften  $F_1$  og friktionskoefficienten  $\mu_1$  i denne sammenhæng må antages at været konstant er, det kun  $\alpha$ , som kan varieres, og når denne vokser mod  $90^\circ$  kan trykfoden blokere stålbåndets bevægelse. Dette forudsætter at hus, hængsleddet og bremsebelægning er uendeligt stive. Dette er kun teoretisk muligt, men der vil kunne fremstilles en bremse, der kan yde modkraft inden for de rammer, der er behov for i dette projekt.

## 1.6 Konklusion

Set over udviklingsforløbet som helhed er der opnået et slutresultat som har vist at opfylde kravene til funktionen. Modellen ligner så absolut en prototype, da der ikke er anvendt tid på at udvikle designet, men danner dog et udmærket udgangspunkt for den videre produktmodning. I denne produktmodning bør naturligt indgå en industriel design udviklings proces.

Dette må fremhæves specielt for hjulet med gummibelægning, som senest er implementeret for at tilpasse modellen til det foreliggende potentiometer. Denne løsning bør selvfølgelig ændres, ikke mindst da der allerede i skrivende stund har tegnet sig en mulighed for at få fremstillet et specielt tilpasset liniært potentiometer som kan løse opgaven. Forudsætningen er dog, at styktallet kan blive tilstrækkeligt stort.

Princippet er vist funktionsdueligt for en finger, og kan uden videre udbygges til flere fingre med identiske enheder.

Hvilke materialer der skal anvendes til fremstilling vil være noget afhængig af hvilken producent der vælges, og hvilke teknologier og produktionsudstyr denne råder over.

Et udgangspunkt kunne være at fremstille en eller flere mindre serier i aluminium til en bredere aftestning. Herefter kunne man til fremstilling af store seriestørrelser vælge at sprøjtestøbe i f. eks. ABS-plast som er både stærkt og et meget formstabilt materiale. Det skal dog nævnes at der herved er en væsentlig omkostningspost til fremstilling af forme.

---

Title and authors

Konceptuelt design and development of Intergomus. ( In Danish )

Preben Ellebæk  
Tonny Pedersen  
Karsten Stendal  
Knud Sejr

---

ISBN	ISSN
87-550-2459-9	0106-2840
Department or group	Date
Mekanik Udvikling	February 1999
Groups own reg. number(s)	Project/contract No(s)

---

---

Pages	Tables	Illustrations	References
20		6	

---

Abstract (max. 2000 characters)

This report describes the development of a training device for rehabilitation of injured fingers. Only the mechanical part of the project is described.

The task has been solved in collaboration with: Ergoterapien on Køge Amtssygehus, Procure, Center for Advanced Technology and several departements within Risø.

A device showing the function of the basic idea will be developed.

The finger tip is fixed in a ring connected to a thin iron band. When the finger bends, there will be a difference in lengthmovement between the iron band and the finger. This difference in lengthmovement is used in a friction brake in order to load the finger.

At the end of the iron band there is a slide potentiometer connected to a standard PC-gameport. In this way the device can be used as "joystick" in a computer game. The length and the frequency of the movements can be recorded.

---

Descriptors INIS/EDB

---

Available on request from Information Service Department, Risø National Laboratory,  
(Afdelingen for Informationsservice, Forskningscenter Risø), P.O.Box 49, DK-4000 Roskilde, Denmark.  
Telephone +45 46 77 40 04, Telefax +45 46 77 40 13